

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljit

Teemu Sipiläinen

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Sipiläinen, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2016
	Sivumäärä 224	Julkaisun kieli Suomi
	Osittain salainen	Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljit		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Marko Viinikainen		
Toimeksiantaja(t) Sweco Rakennetekniikka Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakio-liitosdetaljikirjasto Sweco Rakennetekniikka Oy:lle.</p> <p>Vakio-liitosdetaljikirjasto on kokoelma yleisimpiä ja vakioituja rakenteiden välisiä liitoksia esittäviä mallipiirustuksia, jotka sisältävät tarvittavat mitta- ja tekstitiedot. Vakio-liitosdetalji-jien tarkoitus on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua. Valmiita piirustuksia käyt-tämällä suunnittelutyöstä tulee sujuvampaa, tuottavampaa ja virheettömämpää.</p> <p>Opinnäytetyön vakio-liitosdetaljikirjastoa varten koottiin toimeksiantajan olemassa olevat liitosdetaljit. Näistä valittiin piirustukset, joiden liitokset ovat usein käytettyjä sekä talou-dellisesti ja turvallisesti toteutettavia työmailla ja elementtitehtaissa. Piirustusten ulkoasu sekä tietyt mitta- ja tekstitiedot yhdenmukaistettiin.</p> <p>Kopioituaan tarvitsemansa detaljit suunnitelmiensa pohjaksi suunnittelija voi lisätä, muo-kata tai poistaa piirustusten rakenteita, mittoja ja tekstejä haluamallaan tavalla. Ajatuk-sena on, että vakioituja mittoja ja tekstejä ei muutettaisi.</p> <p>Opinnäytetyön raportissa tarkasteltiin betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen ra-kenteita ja liitoksia sekä niiden suunnittelua koskevia lakeja, asetuksia, määräyksiä, stan-dardeja ja ohjeita. Lisäksi tarkasteltiin vakio-liitosdetalji-jien vaatimustenmukaisuutta.</p> <p>Lopputuloksena muodostunut betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakio-liitos-detaljikirjasto sisältää 121 ei-julkista piirustusta pdf- ja dwg-tiedostoina. Ne ovat saatavilla Sweco Rakennetekniikka Oy:n intranetissä ja yrityksen kaikkien suunnittelijoiden käytettä-vissä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) asuinrakennukset, asuntotuotanto, betoni, betonielementit, betonirakennukset, detaljit, elementtirakentaminen, kerrostalot, liitokset, rakennesuunnittelu, saumat, Sweco		
Muut tiedot Liite 1: detaljikirjasto, 124 sivua (salainen)		

Author(s) Sipiläinen, Teemu	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2016
	Number of pages 224	Language of publication: Finnish
	Partly confidential	Permission for web publication: x
Title of publication Standard details of prefabricated residential building		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Viinikainen, Marko		
Assigned by Sweco Rakennetekniikka Oy		
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to design a standard connection detail drawings library of a prefabricated concrete residential building for Sweco Rakennetekniikka Oy.</p> <p>A standard details library is a collection of common and standardized detail drawing templates representing connections of structures and including the necessary dimension and text information. The purpose of a standard details library is to improve the quality of design and construction. With it, design work will become more fluent, correct and profitable.</p> <p>The assigning organization's existing connection detail drawings were gathered for the standard details library. Connection detail drawings which are often used and economically and safely producible at construction sites and precast concrete manufacturing plants were selected. The layout and specific dimension and text information of the drawings were standardized.</p> <p>After having copied the necessary details for the basis of the plans, engineers can add, edit, or delete structures, dimensions, and texts in the drawings as they wish. The idea is that the standardized dimensions and texts would not be modified.</p> <p>The thesis studies the structures and connections as well as the laws, regulations, standards, and instructions relative to a prefabricated concrete residential building. The compliance requirements of the standard connection details were investigated on the grounds of the foregoing regulations.</p> <p>As a result, the standard details of a prefabricated concrete residential building include 121 classified drawings as pdf and dwg files accessible on Sweco Rakennetekniikka Oy's intranet and available for every engineer in the company.</p>		
Keywords/tags (subjects) residential buildings, house building, concrete, concrete elements, concrete buildings, details, prefabricated construction, block of flats, connections, structural design, Sweco		
Miscellaneous Appendix 1: detail library, 124 pages (confidential)		

Sisältö

1	Työn lähtökohdat	8
1.1	Toimeksiantaja	8
1.2	Tausta	9
1.3	Tavoitteet	10
1.4	Rajaukset	12
2	Betonitekniikka.....	15
2.1	Betonirakenteet	15
2.2	Elementtirakenteet	17
2.3	Liitosdetaljit	18
2.4	BES-järjestelmä.....	18
3	Asuntorakentamisen yleiset vaatimukset	20
3.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	20
3.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma	21
3.3	Suunnittelustandardit	22
3.4	Ohjeet	24
3.5	CE-merkintä	25
4	Betonielementtirakenteinen asuinrakennus	26
4.1	Vaatimukset suunnittelulle, rakenteille ja liitoksille	26
4.1.1	Suunnittelua koskevat vaatimukset	26
4.1.2	Säilyvyysvaatimukset	28
4.1.3	Kantavuusvaatimukset	29
4.1.4	Kosteutta koskevat vaatimukset	30
4.1.5	Paloturvallisuusvaatimukset.....	33
4.1.6	Äänitekniset vaatimukset	38
4.1.7	Raudoituksia koskevat vaatimukset	42
4.1.8	Kiinnityksiä koskevat vaatimukset.....	46

4.2	Mittajärjestelmä	47
4.3	Runkojärjestelmä.....	47
4.4	Rakenteet	48
4.4.1	Perustukset	48
4.4.2	Pystyrakenteet.....	48
4.4.3	Vaakarakenteet.....	49
4.4.4	Porrashuoneet ja hissikuilut	55
4.4.5	Parvekkeet	55
4.4.6	Kellarit ja väestönsuojat	56
4.4.7	Märkätilat	57
4.5	Liitokset	58
4.5.1	Yleistä.....	58
4.5.2	Saumaus.....	58
4.6	Liitososat.....	61
5	Vakioliitosdetaljikirjaston laatiminen.....	66
5.1	Työn aloitus	66
5.2	Käytettävissä olevien detaljien kokoaminen.....	67
5.3	Käytettävissä olevien detaljien tarkastelu	68
5.4	Detaljien työstäminen	70
5.5	Vakioliitosdetaljien viimeistely.....	74
5.6	Vakioliitosdetaljikirjaston hyväksyminen	75
5.7	Laaditut vakiodetaljit.....	76
5.7.1	Yleistä.....	76
5.7.2	Sandwich-elementtien liitos	77
5.7.3	Sandwich-elementtien ja kantavan väliseinän liitos	79
5.7.4	Sandwich-elementtien ja ontelolaattavälipohjan liitos.....	81
5.7.5	Kantavan väliseinän ja ontelolaattavälipohjan liitos	84

5.7.6	Parvekelaatan ja parvekepilarin liitos	86
6	Johtopäätökset ja pohdinta	88
6.1	Työn suorittaminen	88
6.2	Työn tavoitteiden toteutuminen.....	92
6.3	Jatkokehitysehdotukset.....	95
	Lähteet.....	97
	Liitteet	100
	Liite 1. Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljit	100

Kuviot

Kuvio 1. Betonielementtirakenteinen asuinrakennus	9
Kuvio 2. Rakennuksessa olevia äänen siirtymisreittejä.....	41
Kuvio 3. Ontelolaatat asennettuna betoniseinän päälle.....	51
Kuvio 4. S-pistekolo	53
Kuvio 5. Deltapalkki	54
Kuvio 6. Parvekesarana	56
Kuvio 7. Kiinnityslevy.....	62
Kuvio 8. Vaijerilenkkiliitoksen toiminta.....	63
Kuvio 9. Vaijerilenkki	64
Kuvio 10. Vakiodetaljeissa käytetty piirustus pohja	72
Kuvio 11. Vakio liitosdetaljeissa käytetyt viivatyytit	73
Kuvio 12. Vakiodetalji: Sandwich-elementtien liitos.....	77
Kuvio 13. Vakiodetalji: Sandwich-elementtien ja väliseinäelementin liitos	80
Kuvio 14. Vakiodetalji: Sandwich-elementtien ja ontelolaattavälipohjan liitos	82
Kuvio 15. Vakiodetalji: Väliseinäelementtien ja ontelolaattavälipohjan liitos	85
Kuvio 16. Vakiodetalji: Parvekelaatan ja parvekepilarin liitos	87

Taulukot

Taulukko 1. Vähimmäisarvot kantavien seinien paksuudelle ja keskiöetäisyydelle	37
Taulukko 2. Vähimmäisarvot osastoivien, ei-kantavien seinien paksuudelle.....	38
Taulukko 3. Asuinrakennuksien äänitekniset vaatimukset	39
Taulukko 4. Ontelolaattojen tukipintojen pituudet	50

Sanasto

askelääneneristävyys	rakenteen kyky vaimentaa askeleiden tai tavaroiden siirtelyn aiheuttamaa runkoääntä, joka siirtyy rakenteesta ilmaan (ks. runkoääni, ks. ilmaääneneristävyys)
BES	betonielementtistandardi; Suomessa vuosina 1968–1970 kehitetty ja sen jälkeen käytetty avoin betonielementtijärjestelmä
blokki (engl. block)	AutoCAD-ohjelmassa piirustusobjekteista muodostettu kokoelma, jolla on nimi
CHS	circular hollow section; pyöreästä putkiprofiilista käytetty lyhenne, jota käytetään erityisesti teräsrakenteissa
deltapalkki	hitsaamalla teräslevyistä valmistettu sivuilta rei'itetty ontto palkki; toimii liittopalkkina työmaalla betonoinnin ja kovettumisen jälkeen
diffuusio	ilmiö, jossa aine (molekyylit) siirtyy väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan, jolloin pitoisuuserot tasoittuvat
DWG	AutoCAD-ohjelman tiedostomuoto, jota käytetään piirustusten ja kaiken niihin liittyvän tiedon tallentamiseen
ELPO	elementtihormi
EN	eurooppalaisessa CEN-standardisointijärjestössä vahvistetun standardin tunnus

ilmääneneristävyys	rakenteen kyky vaimentaa äänilähteen aiheuttamaa ilmasta rakenteeseen siirtyvää ääntä, joka siirtyy rakenteesta takaisin ilmaan
konvektio	lämmön siirtyminen kaasun tai nesteen virtauksissa, jotka johtuvat lämpötilaerojen aiheuttamista tiheyseroista
kosteus	kemiallisesti sitoutumaton vesi nestemäisessä, kaasumaisessa tai kiinteässä olomuodossa
Lean-ajattelu	johtamisfilosofia, joka keskittyy tuottamattomien toimintojen poistamiseen; tavoitteena asiakastyytyväisyyden, laadun, kustannustehokkuuden ja tuotantonopeuden parantaminen
NA	National Annex; EN-standardin kansallinen liite (ks. EN)
PDF	Portable Document Format; tiedostomuoto, jota käytetään tekstin, fonttien ja grafiikan tallentamiseen; riippumaton ohjelmistoista, laitteistoista ja käyttöjärjestelmistä
pilasteri	joko kokonaan tai osittain seinän sisäpuolella oleva pilari
rakennuskosteus	ennen rakentamista tai rakentamisen aikana rakenteisiin tai rakennusaineisiin kertynyt kosteus, joka ylittää rakennuksen käytönaikaisen tasapainokosteuden (ks. tasapainokosteus)

runkoääni	mekaaninen värähtely, joka etenee rakenteessa tai muussa kiinteässä aineessa ja aiheuttaa myös ilmaääntä
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:ssä vahvistetun standardin tunnus
SFS-EN	Suomessa ja Euroopassa vahvistetun standardin tunnus (ks. SFS, ks. EN)
tasapainokosteus	materiaaliin sitoutunut kosteusmäärä tietyssä ympäröivän ilman lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa
VSS	väestönsuojelu

1 Työn lähtökohdat

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Sweco Rakennetekniikka Oy. Yritys tarjoaa asiakkailleen suunnittelu- ja konsultointipalveluita teollisuus-, talon-, toimisto-, liiketila- ja korjausrakentamisen osa-alueilla. Sweco Rakennetekniikka Oy:ssä työskentelee yli 700 rakennetekniikan asiantuntijaa. Yritys muodostui, kun Aaro Kohonen Oy, Finnmap Consulting Oy, IS-Plan Oy, KPM-Engineering Oy ja Narmaplan Oy yhdistyivät vuosien 2012–2015 aikana. Sweco Rakennetekniikka Oy on osa Sweco Finlandia. (Sweco Rakennetekniikka on entistä vahvempi 2015.)

Sweco Finland on rakennusalan asiantuntijayritys, jolla on lähes 2 000 työntekijää 25 eri paikkakunnalla Suomessa. Toimeksiantoja on vuosittain noin 7 500. Liikevaihto oli 178 miljoonaa euroa vuonna 2015. (Sweco Suomessa n.d.)

Sweco Finland tuottaa asiakkailleen rakennetekniikan, teollisuuden, talotekniikan sekä ympäristö- ja yhdyskuntatekniikan asiantuntijapalveluita. Lisäksi yritys tarjoaa arkkitehtisuunnittelua sekä rakennuttamis- ja projektinjohtopalveluita. Asiantuntijapalvelut käsittävät koko rakentamisprosessin aina projektin alkuvaiheen esiselvityksistä loppuvaiheen ylläpito- ja laadunvarmistuspalveluihin saakka. Suomen Sweco-yhtiöihin kuuluvat Sweco Asiantuntijapalvelut Oy, Sweco Industry Oy, Sweco PM Oy, Sweco Rakennetekniikka Oy, Sweco Talotekniikka Oy, Sweco Ympäristö Oy, Sweco Architects Oy, Sweco International Oy ja Arkkitehtitoimisto Brunow & Maunula Oy. Sweco Finland on osa Sweco-konsernia. (Sweco Suomessa n.d.)

Sweco on kansainvälinen rakennusalan asiantuntijakonserni. Yrityksellä on noin 14 500 työntekijää ja projekteja 70 eri maassa. Sweco on listautuneena pohjoismaisessa OMX-pörssissä, ja sen osakkeet noteerataan Tukholmassa. (Sweco Suomessa n.d.)

Opinnäytetyön aiheena oli betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetailit. Kuvio esittää asunto-osakeyhtiö Helsingin Flooranaukion/Kumpulan Kiinteistöt Oy

Lontoonkujan betonielementtirakenteista asuinkerrostaloa, johon rakennesuunnittelun on tehnyt Finnmap Consulting Oy (nyk. Sweco Rakennetekniikka Oy).



Kuvio 1. Betonielementtirakenteinen asuinrakennus (Palsila n.d.)

1.2 Tausta

Betonielementtirakenteisessa asuinrakennuksessa saattaa olla jopa useita satoja rakenteiden välisiä liittymäkohtia. Liitosten suuren lukumäärän vuoksi rakennuksen suunnittelijat voivat joutua rajaamaan laadittavien piirustusten määrää, jolloin yksinkertaisimpien ja helpoimpien liitosten toteuttaminen jätetään työmaan työntekijöiden ratkaistaviksi. Tästäkin huolimatta työmaalle toimitetaan kymmeniä, jopa satoja liitosdetalji- ja piirustuksia.

Perinteisesti rakennesuunnittelu on pohjautunut aiempien rakennuskohteiden suunnitelmien sekä niistä saadun kokemuksen ja osaamisen hyödyntämiseen. Suunnittelutyö on nopeampaa, taloudellisempaa ja laadukkaampaa, jos suunnittelijoilla on käytettävissään aikaisempien rakennusprojektien piirustuksia tai parhaassa tapauk-

sessä jopa valmiita mallipiirustuksia. Säästynyt aika vähentää kustannuksia, tai se voidaan käyttää esimerkiksi kunkin rakennuskohteen erikoisempien ja harvinaisempien rakenneratkaisujen suunnitteluun.

Aikaisemmin laadittuja suunnitelmia on hyödynnetty myös Sweco-konsernissa. Rakennepiirustuksia on kopioitu aiemmista projekteista uusien rakennuskohteiden suunnittelun lähtökohdaksi, minkä jälkeen niitä on muokattu kyseisen kohteen mukaisiksi. Vanhat piirustukset ovat olleet useiden eri suunnittelijoiden laatimia, jolloin suunnitelmien ulkoasu sekä tietojen esitystapa ja tarkkuus ovat vaihdelleet. Lisäksi käytössä on ollut useita vaihtoehtoisia eri suunnittelijoiden tekemiä piirustuksia, jolloin sama rakenneratkaisu on saatettu toteuttaa vaihtelevilla tavoilla eri kohteissa. Joskus sama rakenne on voitu tehdä useammalla eri tavalla myös samassa kohteessa, jos projekti on ollut laaja ja kohteella on ollut useita suunnittelijoita.

Sweco pyrkii noudattamaan toiminnassaan *Lean-ajattelua*, jonka tavoitteena on asiakastytyväisyyden parantaminen toimintaa kehittämällä. Tämä tapahtuu tuottamattomia toimintoja poistamalla, mikä johtaa kustannusten alenemiseen, työn nopeutumiseen ja laadun parantumiseen. (Smith & Hawkins 2004, 10–16.) Lean-ajattelun hyödyntämisen myötä Sweco-konsernissa on kehitetty suunnittelun prosesseja, ohjeita ja tarkastuslistoja sekä laadittu mallisuunnitelmia ja -piirustuksia.

Swecolla oli jo ennestään ollut betonielementtirakenteisen hallirakennuksen vakioliitosedetaljikirjasto. Valmiiden mallipiirustusten kokoelma karttui toukokuussa 2015, jolloin valmistui Juha Luusuan opinnäytetyö Betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakiodetaljit, jonka raportissa käsitellään tarkemmin muun muassa aiemmin mainittua Lean-ajattelua. Edellisten lisäksi myös tämä opinnäytetyö, Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljit, perustuu Lean-ajattelun periaatteille.

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Sweco Rakennetekniikka Oy:n käyttöön vakioliitosedetaljikirjasto, joka koostuisi yleisimmistä betonielementtirakenteisten asuinra-

kennusten liitosdetaljeista. Työssä piirustusten tyyli piti yhdenmukaistaa, mikä edellytti niiden ulkoasun saattamista samankaltaiseksi sekä tekstien ja mittojen vakiointia.

Valmis vakioliitosdetaljikirjasto oli tarkoitus julkaista yrityksen intranetissä pdf- ja dwg-tiedostoina. Pdf-tiedostoa tarvitaan, jotta vakioliitosdetaljikirjaston sisällön tarkastelu olisi helppoa ja nopeaa. Dwg-tiedosto on AutoCAD-suunnitteluohjelman ymmärtämä tiedostomuoto, ja sitä tarvitaan, jotta suunnittelija voi tarvittaessa muokata vakioliitosdetaljipiirustuksia tarkoituksiinsa sopiviksi.

Vakioliitosdetaljikirjaston laatimiseksi liitoksiin liittyvät mitat ja materiaalimerkinnot piti siis vakioida. Kaikille rakennusmateriaaleille tuli sopia niitä kuvaavat nimet. Kuormista ja rakenteiden paksuuksista riippumattomat liitosten mitat sekä rakennusmateriaalien lisätiedot, kuten koko-, määrä- ja muut ominaisuusmerkinnot, täytyi yhdenmukaistaa. Sen sijaan muista lähtötiedoista, kuten kuormista, riippuvat mitat ja rakennusmateriaalien lisätiedot piti merkitä muuttujalla (x-kirjaimella) tai jättää kokonaan merkitsemättä. Jos sama liitos tai rakennusmateriaali esiintyi useassa piirustuksessa, niin jokaisessa täytyi käyttää samoja, yhtenäisiä merkintöjä.

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston tuli sisältää yleisimmät liitosdetaljit, joten kaikkia toimeksiantajan piirustuksia ei otettu mukaan. Toisaalta samaa liitosta ei tarvittu useilla eri toteutustavoilla tai rakenteiden paksuuksilla. Yksi detalji kustakin liitostyypistä riitti, koska rakennesuunnittelija pystyisi tarvittaessa muokkaamaan piirustuksen rakenteiden paksuudet kuhunkin tilanteeseen sopivaksi.

Suunnittelijoiden tulee siis voida käyttää vakioliitosdetaljeja siten, että he voivat kopioida tarvitsemansa piirustukset suunnitelmiensa pohjaksi. Tämän jälkeen vakioliitosdetaljien nimiötietojen on oltava täytettävissä sekä rakenteiden, tekstien ja mittojen lisättävissä, muokattavissa ja poistettavissa.

Tarkoitus on, että suunnittelija käyttää vakioliitosdetaljien ulkoasua sekä ennen kaikkea liitokseen liittyviä vakioituja mittoja ja materiaalimerkintöjä työstäessään liitosdetaljeja sekä laatiessaan uusia piirustuksia. Tarvittaessa myös vakioitujen mittojen ja tekstien on oltava suunnittelijoiden muokattavissa.

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena syntyneen betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston tarkoitus on parantaa rakentamisen ja suunnittelun laatua. Vakioliitosdetaljen käyttäminen vaikuttaa toimeksiantajan rakennesuunnittelijoiden tekemään liitosdetalji- ja elementtisuunnitteluun, elementtitehtailla tehtäviin elementtien valmistustöihin sekä työmaalla tehtäviin elementtiasennuksiin.

Opinnäytetyön raportin tarkoitus on selostaa betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljen laadintaprosessi sekä esitellä detaljen laatimisen yhteydessä opiskeltuja asioita. Liitosten vaatimustenmukaisuuden varmentamiseksi perehdyttiin betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen rakenteisiin ja liitoksiin sekä niiden suunnitteluun liittyviin lakeihin, asetuksiin, määräyksiin, standardeihin ja ohjeisiin.

1.4 Rajaukset

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan tyypillisiä ja usein tarvittavia betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen liitosdetaljeja. Myös kustannustehokkuus, asennusturvallisuus ja elementtien valmistus pyrittiin huomioimaan detaljen valinnassa. Harvoin käytettyjen, epätaloudellisten sekä asennustilanteessa vaarallisesti ja vaikeasti toteutettavien liitosten detaljeja pyrittiin välttämään.

Vakioliitosdetaljikirjastoon päätettiin ottaa esimerkiksi ulkoseinien, kantavien väliseinien, ala-, väli- ja yläpohjien, porrashuoneiden ja -syöksyjen, perustusten, vesikattojen ja parvekerakenteiden liitoksia.

Kaikkia välipohja-, ulkoseinä-, parveke-, ikkuna- ja ovivaihtoehtoja sekä niiden yhdistelmiä ei sisällytetty vakioliitosdetaljikirjastoon, koska mallipiirustusten etsiminen ja piirustusten laatiminen jokaisesta eri ratkaisusta ja yhdistelmästä olisi aiheuttanut kohtuuttomasti ylimääräistä työtä.

Perustuksiin liittyvistä detaljeista valikoitiin vain sokkelielementtien liitokset. Ala- ja yläpohjadetaljit sekä perustus- ja vesikattoleikkaukset hylättiin muutamaa poikkeusta

lukuun ottamatta. Toisaalta tässä opinnäytetyössä ei käsitellä pilari-, palkki- ja nauha-elementtien eikä TT-laattojen liitoksia kovinkaan tarkasti, koska ne sisältyvät toimeksiantajan halli- ja toimistorakennusten vakioliitosdetaljikirjastoihin. Myös liikunta-saummat jätettiin tämän työn ulkopuolelle.

Vakioliitosdetaljikirjastoon valikoitiin ulko- ja väliseinäelementtien liitoksia. Ulkoseinäelementit ovat kantavia ja ei-kantavia sandwich-elementtejä ja tiilijulkisivuisia sisäkuorielementtejä, väliseinäelementit puolestaan tavallisia kantavia ja jäykistäviä väliseinäelementtejä. Vaakaleikkauspiirustuksina esitettiin edellä mainittujen elementtien keskinäisiä liitoksia suoralla seinän osalla, nurkassa sekä t-liitoksina. Pystyleikkauspiirustuksissa esitettiin ulko- ja väliseinäelementtien liittymiä ontelolaatta- ja massiivilaattavälipohjiin. Eristerapattujen sisäkuorielementtien liitokset rajattiin tämän työn ulkopuolelle.

Välipohjavaihtoehtoista valittiin ontelolaatta- ja massiivilaattavälipohjat. Ontelolaattavälipohjasta mukaan otettiin detaljipiirustukset kahdesta ratkaisusta. Toisessa tapauksessa välipohjan päällä on pintavalu ja pintamateriaali, toisessa puolestaan eriste, kelluva laatta ja pintamateriaali. Massiivilaattavälipohjaa kuvaavissa detaljeissa laatan päällä on ainoastaan pintamateriaali. Detaljit haluttiin välipohjan liitoksista väli- ja ulkoseiniin kantavassa ja ei-kantavassa suunnassa. Lisäksi vakioliitosdetaljikirjastoon sisällytettiin olemassa olevat detaljit parvekelaattojen liitoksista ulkoseiniin ja välipohjiin.

Tyypillisiä parvekerakenteiden elementtejä ovat parvekelaatat, -kattolaatat, -pielet, -pilarit ja -kaiteet. Detaljit tarvittiin tilanteista, joissa parvekepieli tai -pilari tukee kerrallaan joko yhden tai kahden parvekelaatan tai -kattolaatan reunaa. Lisäksi tarvittiin detaljit, jotka kuvaavat laatan keskikohdan tuentaa. Mukaan valittiin myös detaljeja, joissa pilari on laatan yläpuolella ja pieli alapuolella sekä toisinpäin. Myös parvekekaitteen liitos parvekelaattaan on osana piirustuskokoelmaa.

Porrashuonerakenteista haluttiin erilliset detaljit portaiden lepotason ja porrastasolaatan kiinnityksistä kantavaan väliseinään. Lepotasolaatta tuetaan liukukonsolien avulla kantavaan väliseinään, joten erilaiset liukukonsolit vaativat erilaiset detaljit. Porrashuoneessa kantavan väliseinän toisella puolella on usein asuinhuoneisto. Vakioliitosdetaljikirjastoon tarvittiin siis kantavan väliseinän, ontelolaattavälipohjan

ja porrastasolaatan liitos. Valituissa detaljeissa ontelolaatta liittyy väliseinään kanta-
vassa ja ei-kantavassa suunnassa, mutta porrastasolaatta ainoastaan kantavassa
suunnassa.

Opinnäytetyötä ja sen lopputuloksena syntynyttä vakioliitosdetaljikirjastoa ei rajattu
koskemaan pelkästään elementtidetaljeja, koska betonielementtirakenteisessa asuin-
rakennuksessa voi olla myös betonielementtien liitoksia esimerkiksi teräs- ja paikalla-
valurakenteisiin. Vakioliitosdetaljeihin otettiin mukaan kaksi deltapalkin liitosdetaljia.
Toisessa piirustuksessa deltapalkki tukeutuu ulkoseinän *pilasteriin*, toisessa se tukee
ontelolaattavälipohjaa ja yläpuolella olevaa seinämäiseksi palkiksi suunniteltua väli-
seinää. Jo aiemmin todettiin, että ulkoseinän ja väliseinän liitokset paikallavalettuun
välipohjaan sisältyvät vakioliitosdetaljikirjastoon.

Muutamia muita vakioliitosdetaljikirjastoon valittuja detaljeja ovat ikkunan liitokset
sandwich-elementtiin sekä aukon apukarmit, jotka esittävät ikkunan ja oven kiinni-
tyksessä käytettävien apukarmien liitosta ulkoseinän sisäkuorielementtiin. Kantavan
väliseinän liitos väestönsuojan (VSS) seinään kuvaa yksinkertaista vaijerilenkki- ja
vaarnaliitosta. *ELPO*-detalji esittää elementtirakenteisen valmishormin liitosta por-
rastasolaattaan ja ontelolaattavälipohjaan.

Opinnäytetyön alussa sovittiin, että vakioliitosdetaljikirjastoon sisällytettäisiin perus-
tusten liitos ulkoseinäelementtiin ja alapohjaan sekä ulkoseinäelementin liitos ylä-
pohjaan. Työn edistyessä todettiin, että edellä mainittujen liitosdetaljiien mukaan ot-
taminen kasvattaisi työn laajuutta liikaa. Toisaalta edellä mainitut asiat esitetään ve-
sikatto-, perustus- tai yleisleikkauspiirustuksissa, koska ne eivät välttämättä edes
mahtuisi detaljipiirustuksiin, jotka yleensä esitetään mittakaavoissa 1:5, 1:10 tai 1:20.
Tarvittaessa vesikatto- ja perustusleikkauksistakin voidaan laatia yksityiskohtaisia lii-
tosdetaljipiirustuksia. Vaikka perustusleikkaukset jätettiin vakioliitosdetaljikirjaston
ulkopuolelle, mukaan otettiin kuitenkin sokkelielementtien ja kellarin seinän ulko-
kuorielementtien liitoksia.

2 Betonitekniikka

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen suunnittelu edellyttää betonitekniikan syvällistä osaamista. Luvussa käsitellään betoni- ja elementtirakenteita, liitosdetaljien merkitystä sekä *BES*-järjestelmää.

2.1 Betonirakenteet

Betonirakenteiden käyttökohteet

Tärkein kantavien rakenteiden rakennusmateriaali on betoni. Sitä käytetään erityisen paljon talonrakennuksessa, jossa sitä hyödynnetään erilaisissa valmisosista rakennetuissa runkojärjestelmissä. Betonia käytetään myös julkisivumateriaalina. Liikerakennuksia tehdään elementtien lisäksi myös paikallarakennettuina. (BY 201. 2009, 15.)

Elementtirakentaminen ja paikallarakentaminen yhdistyvät liittorakenteissa, joissa käytetään muun muassa kuorilaattoja. Eräs kuorilaatan tarkoitus on toimia muottina laatan päälle rakennuspaikalla valettavalle betonille. Lisäksi kuorilaatan ja sen sisältämien terästen tehtävä on ainakin osittain toimia raudoituksena paikalla valettavalle betonille. (Mts. 15.)

Betoni on kilpailukykyinen rakennusmateriaali pienissä ja keskisuurissa silloissa. Siitä valmistetaan myös paaluja, putkistoja ja viemäreitä. (Mts. 15.)

Betonin osa-aineet

Betoni koostuu sementistä, runkoaineesta ja vedestä. Sementtiliimaa muodostuu, kun vettä ja sementtiä sekoitetaan. Välittömästi tämän jälkeen alkavat veden ja sementin väliset kemialliset reaktiot. Sementtiliima kovettuu ja sitoo runkoainerakeet toisiinsa. Yleensä runkoaineena käytetään kiviainesta, jota saadaan suoraan luonnosta tai louhimalla ja murskaamalla kalliosta. Betonissa on taloudellisinta käyttää kaikkia raekokoja sisältävää kiviainesta, jolloin arvokasta sementtiä kuluu mahdollisimman vähän. (Mts. 18.)

Betonin lisä- ja seosaineet

Betonissa voidaan käyttää tarvittaessa myös erilaisia lisä- ja seosaineita. Lisäaineita ovat notkistimet, huokostimet, hidastimet ja kiihdyttimet, jotka vaikuttavat betonin massan sitoutumisreaktion nopeuteen ja työstettävyyteen eli notkeuteen sekä kovettuneen betonin tiiviyyteen, lujuuteen ja säilyvyyteen. Seosaineita ovat lentotuhka, massuunikuona ja silika, joita voidaan käyttää betonin side- ja runkoaineina. Yleensä käytetään korkeintaan yhtä lisäainetta, koska betonilaadun hallinta on vaikeampaa useampaa lisäainetta käytettäessä. (Mts. 18, 31, 59–68.)

Betonin puristuslujuus

Betonin puristuslujuus määrää sen lujuusluokan, joka voi olla esimerkiksi C25/30, C30/37, C35/45 jne. Ensimmäinen luku ilmoittaa betonin lieriöpuristuslujuuden arvon megapascalina (MPa) ja jälkimmäinen luku kuutiopuristuslujuuden arvon. (ks. BY 201. 2009, 79–82, 124–125; ks. SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 28–38.)

Raudoitettut ja raudoittamattomat betonirakenteet

Raudoitettuihin betonirakenteisiin kuuluvat teräsbetonirakenteet ja jännitetyt betonirakenteet. Edellä mainituissa rakenteissa betoni ja rauditus toimivat yhdessä, jolloin betoni vastaanottaa puristusrasitukset ja rauditus vetorasitukset. Raudoittamattomissa betonirakenteissa betoni kestää rakenteeseen kohdistuvat rasitukset ilman raudoitusta. (BY 201. 2009, 19.)

Jännitetyt betonirakenteet on valmistettu niin, että niihin on valmistusvaiheessa aikaansaatua puristusjännityksiä, joita esiintyy siis jo valmiissa ja kuormittamattomassa rakenteessa. Jännitetyt rakenteet voivat olla paikallavalettuja tai elementtejä. Ontelolaatta on esimerkki jännitetystä elementtirakenteesta. (Mts. 19.)

Betonirakenteiden suunnittelupätevyydet

Kantavien rakenteiden suunnittelutehtävien vaativuusluokista säädetään *maankäyttö- ja rakennuslain* (MRL 132/1999) 120 d §:n perusteella *valtioneuvoston asetuksessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määrytymisestä* (A 12.3.2015/214).

Asetuksessa kantavien rakenteiden suunnittelutehtävien vaativuusluokat jaetaan *vähäisiin, tavanomaisiin, vaativiin ja poikkeuksellisen vaativiin* kantavien rakenteiden

suunnittelutehtäviin. Myös betonirakenteiden suunnittelutehtävien vaativuusluokat jaetaan edellä mainittuihin vaativuusluokkiin. Pohjarakenteiden suunnittelussa ei tunneta vähäisiä pohjarakenteiden suunnittelutehtäviä, vaan niiden luokat ovat joko tavanomaisia, vaativia tai poikkeuksellisen vaativia. (A 12.3.2015/214, 6–12 §.)

Valtioneuvoston asetuksessa rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä (A 12.3.2015/214, 8 §) säädetään esimerkiksi, että kantavien betonirakenteiden suunnittelutehtävä luokitellaan vaativaksi, jos suunniteltavasta betonielementtirakenteisesta asuinrakennuksesta tulee yli kaksikerroksinen tai muuten suurikokoinen.

2.2 Elementtirakenteet

Suomessa käytetään yleisimmin betonielementtirakenteita monikerroksisten asuin-, toimisto-, liike-, teollisuus- ja varastorakennusten sekä julkisten rakennusten rakentamisessa. Neljäsosassa edellä mainittujen rakennustyyppien julkisivuissa käytetään betonielementtejä. Elementtijärjestelmät mahdollistavat nopean ja taloudellisen talonrakentamisen. Elementit valmistetaan ja viimeistellään tehtaissa mahdollisimman pitkälle, jolloin työmaalla tehtävän työn määrä vähenee. (BY 201. 2009, 441.)

Rakennuksen valmistuminen nopeutuu, kun runko tehdään elementeistä, rakennus rakennetaan lohkoissa ja liitokset vakioidaan. Koko rungon elementointi käsittää myös perustusten ja jäykisteiden tekemisen elementeistä. Lohkorakentaminen mahdollistaa rakennuksen osien edistymisen eri tahdissa. Yhden lohkon elementit asennetaan paikoilleen, minkä jälkeen siirrytään seuraavaan. Viimeistelytyöt voidaan aloittaa edellisessä lohkoissa ja elementtiasennukset samaan aikaan seuraavassa. Työiden organisointi helpottuu, koska työryhmät voivat työskennellä omissa lohkoissaan. Tällöin välttyään yhtäaikaiselta olemiselta samoissa, mahdollisesti ahtaissa, tiloissa. (Mts. 441.)

Muista betonielementtirakentamisen hyödyistä voidaan mainita betonielementtirakenteiden useita kymmeniä vuosia jatkunut kehittäminen, elementtien valmistamisen säältä suojassa ympäri Suomea sijaitsevista tehtaista, elementtien helppo kuljet-

taminen rekka-autoilla maanteitse, asennus- ja nostokaluston hyvä saatavuus, mahdollisuus soveltaa elinkaari- ja käyttöikäsuunnittelua sekä mahdollisuus suunnitella runko purettavaksi ja poiskuljetettavaksi. (RT 82-10821. 2004, 2.)

2.3 Liitosdetaljit

Liitosten suunnittelussa on tärkeää, että liitosdetaljit vakioidaan. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota työmaalla tapahtuvaan asennustyöhön suunnittelemalla liitosten asennustyö helpoksi ja määrältään vähäiseksi. Suunnittelussa ei ole keskeistä yksittäisten liitososien valmistuskustannukset vaan liitoksen kokonaistaloudellisuus. Tämän vuoksi tulee huomioida liitoksen vaikutus asennustyön sujuvuuden lisäksi myös elementtien valmistukseen. (BY 201. 2009, 450–451.)

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston laatimisessa huomioitiin liitosten vaatimustenmukaisuuden täyttymisen lisäksi myös elementtien asentamisen ja valmistamisen vaivattomuus, asennusturvallisuus ja kustannustehokkuus.

Eräitä Betoniteollisuus ry:n vakiodetaljeja on nähtävissä Internetissä Elementtisuunnittelu.fi-palvelussa osoitteessa <http://www.elementtisuunnittelu.fi>.

2.4 BES-järjestelmä

Suomessa käytetään kahta eri BES-järjestelmää, jotka ovat Asunto-BES ja Runko-BES. Ne ovat avoimia betonielementtijärjestelmiä, minkä takia niitä käytetään laajalti koko maassa. (BY 201. 2009, 442.)

BES-järjestelmä sai alkunsa, kun Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö SBK teki suosituksen elementtijärjestelmän rakenteista ja liitoksista vuonna 1972. BES-järjestelmää tarkistettiin jo kuusi vuotta myöhemmin vuonna 1978, minkä lopputuloksena julkaistiin Asunto-BES. BES-järjestelmän uusittu ja tarkistettu versio julkaistiin vuonna 1979. Se laadittiin siis alkujaan asuinkerrostalojen rakentamista varten.

Nykyään vakioliitosratkaisut tarkistetaan melkein vuosittain, ja samalla BES-järjestelmään tehdään tarvittavat päivitykset. (Mts. 442.)

BES-järjestelmässä välipohjissa käytetään esijännitettyjä ontelolaattoja, joiden leveys on 1 200 millimetriä. Kantavat ulko- ja väliseinät tehdään elementeistä, jotka on valmistettu betonista tai teräsbetonista. Lamellitaloissa kantavat seinät ovat rakennuksen poikkisuunnassa, ei-kantavat seinät ja ontelolaatat ovat puolestaan pituussuunnassa. (Mts. 442.)

Rakennuksen jäykistäminen tapahtuu siten, että laataston suunnassa vaakavoimat otetaan vastaan porraskuilujen poikittaisseinillä. Laatastoa vastaan kohtisuorassa suunnassa rungon jäykistäminen tapahtuu kantavilla ulko- ja väliseinillä. Laatastot suunnitellaan levyrakenteiksi, jotta ne voivat siirtää vaakavoimat jäykistäville seinille. Käyttö- ja onnettomuustilanteita varten laataston saumoihin mitoitetaan ja asennetaan rengasraudoitus. (Mts. 443.)

3 Asuntorakentamisen yleiset vaatimukset

Rakennusten suunnittelussa on noudatettava voimassa olevia lakeja, asetuksia, standardeja ja määräyksiä. Myös rakenteiden ja liitosten on täytettävä niille asetetut vaatimukset. Opinnäytetyön eräänä osatehtävänä oli vakioliitosdetaljikirjaston liitosten vaatimustenmukaisuuden tarkastelu. Tavoitteen saavuttamiseksi perehdyttiin rakentamiseen liittyviin säädöksiin ja ohjeisiin.

Tässä luvussa tarkastellaan yleisellä tasolla rakentamiseen liittyviä säädöksiä ja ohjeita sekä niiden yhteyttä toisiinsa. Opinnäytetyön myöhemmissä luvuissa käsitellään betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen liitoksien kannalta oleellisia rakenteiden lujuuteen ja vakauteen, paloturvallisuuteen, kosteusolosuhteisiin ja ääneneristävyyteen liittyviä vaatimuksia.

3.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain tarkoituksena on ohjata rakentamista ja alueiden käyttöä hyvän elinympäristön luomiseksi. Tämän on tapahduttava ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävän kehityksen mukaisesti. Lisäksi maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on varmistaa jokaiselle mahdollisuus osallistua asioiden valmisteluun, laatu ja vuorovaikutteisuus suunnittelussa, monipuolinen asiantuntemus sekä tiedottamisen avoimuus. (MRL 132/1999, 1–2 §.)

Laissa säädetään muun muassa rakentamiseen liittyvistä yleisistä edellytyksistä ja olennaisista teknisistä vaatimuksista. Lisäksi säädökset koskevat viranomaisia ja viranomaisvalvontaa, valtakunnallista, maakunnallista ja kunnallista alueiden käyttöä, kaavoitusta ja vuorovaikutusta, kaupunkipuistoihin, vähittäiskauppaan, ranta-alueisiin, tuulivoimaan, katuihin, yhdyskuntarakentamiseen ja hulevesiin liittyvää rakentamista, tonttijakoa, maan luovuttamista ja lunastamista, rakennustyön suorittamista sekä rakennetun ympäristön hoitoa. (MRL 132/1999.)

Maankäyttö- ja rakennuslain perusteella laaditut rakentamista koskevat määräykset ja ohjeet kootaan Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Sitä ylläpitää ympäristöministeriö, mutta myös muiden valtion viranomaisten määräyksiä voidaan sisällyttää rakentamismääräyskokoelmaan. (MRL 132/1999, 13 §.)

Maankäyttö- ja rakennuslain (1999) 117 §:ssä säädetään rakentamisesta ja 117 a–117 i §:ssä rakenteiden lujuudesta ja vakaudesta, paloturvallisuudesta, terveellisyydestä, käyttöturvallisuudesta, esteettömyydestä, meluntorjunnasta ja ääniolosuhteista, energiatehokkuudesta, lämmitysjärjestelmän arvioinnista sekä käyttö- ja huolto-ohjeesta.

Lisäksi laissa säädetään rakennuskohteiden pysyvinä osina käytettävistä rakennustuotteista, joiden pitää olla turvallisia ja terveellisiä. Lisäksi niiden tulee säilyttää ominaisuutensa taloudellisesti perustellun käyttöiän ajan, kun rakennus on suunniteltu, rakennettu ja huollettu asiaan kuuluvalla tavalla. (MRL 132/1999, 152 §.)

Maankäyttö- ja rakennuslain (1999) 120 §:n vaatimukset koskevat rakentamisen suunnitelmia. Pääsuunnittelijaa, rakennussuunnittelijaa, erityissuunnittelijaa, suunnittelutehtävien vaativuusluokkia, kelpoisuuden vaatimuksia ja arviointia sekä suunnittelijoiden ilmoittamista koskevat säännökset ovat lain 120 a–120 g §:ssä.

Rakenteiden ja liitosten suunnittelussa pitää noudattaa siis rakentamismääräyskokoelman määräyksiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suunnitellut rakenteet ja liitokset eivät saa olla ristiriidassa yhdenkään rakentamismääräyskokoelman osan ja sen määräyksen kanssa.

3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (1999) on säädetty rakentamisen yleisistä perusteista. Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää tarkemmat rakentamista koskevat säännökset. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia, ja sen ohjeet ovat esimerkkejä sallituista ratkaisuista. (Suomen rakentamismääräyskokoelma 2016.)

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ja ohjeet koskevat pääosin uudisrakentamista, ja niitä noudatetaan korjaus- ja muutusrakentamisessa vain soveltuvin osin. Tällöin huomioidaan rakentamisen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan käyttötavan muutokset. Rakentamismääräyskokoelman eri osien tekstissä on voitu ottaa kantaa määräysten sovellettavuuteen korjaus- ja muutostöissä. (Mt.)

Rakentamismääräyskokoelman yksittäisiä osia uudistetaan jatkuvasti, mutta kokonaisuudessaan se tullaan uudistamaan vuoteen 2018 mennessä. Jatkossa rakentamismääräyskokoelmasta selviää, koskevatko sen määräykset uudisrakentamista vai korjaus- ja muutusrakentamista. (Mt.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osia C1 Ääneneristävyys ja meluntorjunta rakennuksessa (1998), C2 Kosteus (1998) ja E1 Rakennusten paloturvallisuus (2011).

3.3 Suunnittelustandardit

Ulkomaisten kohteiden suunnittelussa on käytettävä kyseisessä maassa voimassa olevia suunnittelunormeja. Ne voivat olla kansallisia suunnittelustandardeja tai esimerkiksi eurokoodeja. Jälkimmäisessä tapauksessa eurokoodien lisäksi on käytettävä kyseisen maan kansallisia liitteitä. (RIL 202-2011/BY 61, 13.)

Eurokoodit ovat eurooppalaisia standardeja, ja niitä alettiin virallisesti käyttää Suomessa syksyllä 2007. Tällöin valmistuivat ensimmäiset suomalaiset kansalliset liitteet. Eurokoodi-standardeja käytetään rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskohteiden suunnittelussa. Muiden määräysten, normien tai ohjeiden käyttäminen yhdessä eurokoodien kanssa on kielletty, jos sitä ei ole erikseen sallittu. Muita suunnitteluohjeita saa käyttää, jos samalla noudatetaan kaikkia eurokoodien asettamia vaatimuksia. Muuhun ohjeistukseen voidaan joutua turvautumaan, jos suunniteltavassa kohteessa on sellaisia rakenteita, joihin eurokoodissa ei ole suunnitteluohjeita. (Mts. 3, 11.)

Eurokoodissa on kohtia, joissa voidaan käyttää kansallisia valintoja kuten parametrien arvoja ja vaihtoehtoisia laskentamenetelmiä. Ne sisältyvät eurokoodien kansallisiin liitteisiin, joihin voidaan tarvittaessa sisällyttää myös opastavia liitteitä. Eurokoodin käyttäminen edellyttääkin kansallisten liitteiden laatimista ja käyttämistä. Suomessa talonrakentamiseen liittyvät kansalliset liitteet laatii ympäristöministeriö ja siltoihin liittyvät Liikennevirasto. (Mts. 12.)

Eurokoodi-standardin pääosat ovat

- EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet
- EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset
- EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu
- EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu
- EN 1994 Eurokoodi 4: Teräs-betoniliittorakenteiden suunnittelu
- EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu
- EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu
- EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu
- EN 1998 Eurokoodi 8: Rakenteiden suunnittelu kestävyys suhteen maanjäristyksessä
- EN 1999 Eurokoodi 9: Alumiinirakenteiden suunnittelu (Eurokoodit n.d.).

Huomautettakoon, että yllä oleva luettelo on Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n Internet-sivuilla ilmoitetun listauksen mukainen. Edellä mainitut standardien nimet poikkeavat hieman varsinaisissa SFS-EN-standardeissa ilmoitetuista standardien nimistä. Eurokoodin eri osien sisältö tulee kuitenkin yllä olevan listauksen mukaan selväksi.

Kantavien betonirakenteiden suunnittelussa käytettäviä SFS-EN 1992 Eurokoodi 2 -suunnittelustandardeja ovat

- SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS-EN 1992-1-2 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus

- SFS-EN 1992-2 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Betonisillat. Mitoittaminen ja yksityiskohtien suunnittelu
- SFS-EN 1992-3 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 3: Nestesäiliöt ja siilot.

Mainitut standardien nimet ovat varsinaisten SFS-EN-standardien mukaisia. Lisäksi käytetään edellä mainittujen standardien Suomen kansallisia liitteitä. Suositeltavaa on käyttää myös standardeja EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet ja EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset.

Suomessa eurokoodeihin tulevat päivitykset ja muutokset julkaistaan Eurokoodi Help Desk -sivustolla Internetissä osoitteessa <http://www.eurocodes.fi>.

3.4 Ohjeet

Suunnittelutyössä voidaan käyttää eurokoodien kanssa yhteensopivia ohjeita. Tällaisia ohjeita julkaisevat muun muassa Suomen Betoniyhdistys ry ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.

Eurokoodien kanssa yhteensopivia betonirakenteiden suunnitteluun soveltuvia oppikirjoja, käsikirjoja ja ohjeita ovat muun muassa

- BY 60 Suunnitteluohje EC 2, osat 1-1 ja 1-2 (4. p., 2009)
- BY 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008 (2. p., 2008)
- BY 211 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja 2013 - osa 1 (2. p., 2015)
- BY 211 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja 2014 - osa 2 (2015)
- RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi. (2011)
- RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi. (2011)
- SFS-käsikirja 202 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu (2. p., 2015)
- Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan -opassarja.

RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje on Betoniyhdistyksen ja Rakennusinsinöörien Liiton yhteinen ohje, ja se perustuu Eurokoodi 2 -standardeihin EN

1992-1-1 ja EN 1992-1-2 sekä ympäristöministeriön kansallisiin liitteisiin. Ohjeessa on tiivistetty Eurokoodi 2 -standardin sisältöä. RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohjetta voidaan käyttää tavanomaisten paikalla valettujen rakenteiden suunnittelussa. Ohje ei varsinaisesti käsittele betonielementtirakenteiden mitoittamista.

Eräänä tämän opinnäytetyön lähteenä on käytetty edellä mainittua eurokoodien kanssa yhteensopivaa RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohjetta. Se on lainattavissa monista ammattikorkeakoulujen ja kaupunkien kirjastoista, jolloin lukija voi halutessaan tutustua lähdemateriaaliin ja aiheeseen tarkemmin. Opinnäytetyössä on viitattu myös varsinaiseen eurokoodistandardiin EN 1992 Eurokoodi 2.

Rakennusinsinöörien liiton RIL-kirjojen päivitykset julkaistaan osoitteessa <http://www.ril.fi> ja Betoniyhdistyksen BY-kirjojen korjaukset osoitteessa <http://www.betoniyhdistys.fi>.

3.5 CE-merkintä

CE-merkintä on valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää sille asetettujen direktiivien vaatimukset. CE-merkintä on pakollinen tuotteessa, jos sitä koskeva direktiivi niin vaatii. (CE-merkintä 2016.)

Suurelle osalle rakennustuotteita CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2013 alkaen. Sillä osoitetaan rakennustuotteen olevan kelvollinen rakentamisessa käytettäväksi. CE-merkinnän myöntämisen edellytys on, että rakennustuote sisältyy harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan tai että sillä on eurooppalainen tekninen arviointi (ETA). Jos rakennustuotteelle ei voida myöntää CE-merkintää, tuotteen kelpoisuus voidaan ilmaista tyyppihyväksynnällä, varmennustodistuksella tai valmistuksen laadunvalvonnalla. (Mt.)

4 Betonielementtirakenteinen asuinrakennus

4.1 Vaatimukset suunnittelulle, rakenteille ja liitoksille

Luvussa käsitellään tarkemmin betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen rakenteisiin ja liitoksiin liittyviä määräyksiä. Tarkastelun kohteiksi valikoituivat eurokoodin yleiset suunnittelua koskevat vaatimukset sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset osissa C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa (1998), C2 Kosteus (1998) ja E1 Rakennusten paloturvallisuus (2011). Näin ollen muun muassa liitosten lämmöneristävyyteen liittyvien määräysten tarkastelu ei kuulu tämän opin näytetyön sisältöön.

4.1.1 Suunnittelua koskevat vaatimukset

Suunnittelun perusvaatimukset

Suunnittelun perusvaatimukset asetetaan standardissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (mm. luku 2), ja ne on kerrottu myös esimerkiksi eurokoodien kanssa yhteensopivassa ohjeessa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, luku 2).

Betonirakenteiden suunnittelussa standardin EN 1990 asettamien suunnittelun perusvaatimusten voidaan katsoa täyttyvän, kun käytetään standardien EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet ja EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset sekä niiden kansallisten liitteiden mukaista rajatilamitoitusta, osavarmuuslukumenetelmää, kuormituksia ja kuormitusyhdistelyä. Lisäksi kestävyys, säilyvyys ja käyttökelpoisuus on määriteltävä standardin EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu tai RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohjeen mukaisesti.

Rajatilamitoitus

Rajatilamitoitusta käsitellään standardissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 3) ja ohjeessa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, luku 3).

Osavarmuuslukumenetelmä

Osavarmuuslukumenetelmää käsitellään standardissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 6) ja ohjeissa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, kohta 6).

Kuormat

Kuormia käsitellään standardeissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (mm. luvut 4–6) ja EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset sekä ohjeissa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat ja RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje (liite 2).

Kuormitusyhdistely

Kuormitusyhdistelyä käsitellään standardissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 6) sekä ohjeissa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, luku 6) ja RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje (liite 2).

Palonkestävyys

Palonkestävyyttä käsitellään standardissa EN 1992-1-2 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu ja EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 5).

Käyttöikä, säilyvyys ja laadunhallinta

Suunniteltua käyttöikää, säilyvyyttä ja laadunhallintaa käsitellään standardeissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 2) ja EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu sekä ohjeissa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, luvut 2.3–2.5), RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje (mm. luku 4) ja BY 51 Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu 2007.

Ympäristön vaikutukset

Ympäristön, esimerkiksi lämpötilan sekä painuma- ja siirtymäerojen, vaikutuksia käsitellään standardissa EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.

Luotettavuuden hallinta

Luotettavuuden hallintaa käsitellään standardissa EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet (luku 2) sekä ohjeessa RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (osa 0, luku 2.2).

Materiaali- ja tuoteominaisuudet

Betonia, betoniterästä ja jänneterästä koskevia sääntöjä käsitellään standardissa EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, ohjeessa RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohje (luku 3) sekä asiaan liittyvässä tuotestandardissa.

Kutistumista ja virumaa käsitellään standardissa EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu.

Betonin muodonmuutokset

Betonirakenteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon lämpötilasta, virumisesta ja kutistumisesta aiheutuvat vaikutukset. Lämpötilan ja kutistumisen vaikutukset voidaan jättää huomioimatta vain talorakenteissa, jos rakenne jaetaan useampaan osaan liikuntasaumoilla. Yhden rakennuksen osan pituus voi olla lämmitetyssä paikallavaletussa rakenteessa 25 metriä ja elementtirakenteessa 40 metriä. Kylmässä paikallavaletussa rakenteessa yhden rakennuksen osan pituus voi olla 13 metriä ja elementtirakenteessa 20 metriä. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 24; RIL 202-2011/BY 61, 18.)

4.1.2 Säilyvyysvaatimukset

Betonirakenteen säilyvyyden voidaan katsoa täyttävän sille asetetut vaatimukset, jos rakenteen käyttökelpoisuus-, lujuus- ja stabiiliusominaisuudet joko säilyvät ilman ylläpitoa, säilyvät kohtuullisella ja ennalta arvattavalla ylläpidolla tai eivät merkittävästi heikkene rakenteen suunnitellun käyttöiän aikana. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 47; RIL 202-2011/BY 61, 25.)

Rakenteen suunnittelukäyttöiän saavuttamiseksi kaikki rakenteet ja liitokset on suojattava niihin vaikuttavilta ympäristörasituksilta. Ympäristörasituksia ovat mekaaniset kuormat sekä kemialliset ja fysikaaliset rasitukset. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 47; RIL 202-2011/BY 61, 25.)

Standardin SFS-EN 206 (2014, 24–25) mukaan ympäristöolosuhteiden rasitusluokkien pääryhmät ovat

1. ei korroosion tai syöpymisrasituksen mahdollisuutta
2. karbonatisoitumisen tuloksena aiheutuva korroosio
3. muun kuin meriveden kloridien aiheuttama korroosio
4. meriveden kloridien aiheuttama korroosio
5. jäädytys-sulatusrasitus joko jäänsulatusaineilla tai ilman niitä
6. kemiallinen rasitus.

Betonirakenteen suojausta suunniteltaessa huomioidaan rakenteen suunniteltu käyttökä, rasitukset, käyttötarkoitus ja kunnossapito-ohjelma. Betonipeitteen paksuus, tiheys ja laatu sekä betonin halkeilu vaikuttavat raudoituksen korroosiosuojaukseen. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 47; RIL 202-2011/BY 61, 25.)

Säilyvyysvaatimuksia määritettäessä tarkastellaan rakenteen perusratkaisua ja yksityiskohtia, materiaaleja, toteutustapaa, laadunvalvontaa ja tarkastusta sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamistapoja. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 49; RIL 202-2011/BY 61, 25.)

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyneen betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksissa liitoksia suojattiin muun muassa saumanauhalla ja -massalla, riittävällä betonipeitteellä sekä ruostumattomasta teräksestä valmistettuja liitososia käyttämällä.

4.1.3 Kantavuusvaatimukset

Rakenteiden ja liitosten on pystyttävä siirtämään niille tulevat kuormat. Liitoksilla on oltava myös riittävä muodonmuutoskyky, ja lisäksi niiden on pystyttävä varmistamaan rakenteen sitkeä toiminta. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 174; RIL 202-2011/BY 61, 87.)

Laataston ja seinän väliseen liitokseen kohdistuu kiinnitysmomentti. Tämän vuoksi ontelolaattojen onteloihin tai laattojen päälle valettavaan pintabetoniin sijoitetaan kiinnitysmomentin vastaanottava raudoitus. Leikkausvoiman siirtyminen ontelolaa-

tan ja pintabetonin välisessä saumassa sekä ontelolaatan ja sen täyteen valetun tulpan rajapinnassa on osoitettava standardin EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu tai RIL 202-2011/BY 61 Betonirakenteiden suunnitteluohjeen kohdan 6.2.5 mukaisesti. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 172; RIL 202-2011/BY 61, 85.)

Jos seinä asennetaan laatan päälle, seinän päähän on suunniteltava pystykuormien epäkeskisyyksien ja keskittymien vastaanottava raudoitus. Standardissa (ja ohjeessa) on lisäehto, jonka täyttyessä edellä mainittua raudoitusta ei tarvita. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 172; RIL 202-2011/BY 61, 85.)

4.1.4 Kosteutta koskevat vaatimukset

Yleistä

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 Kosteus on annettu määräykset ja ohjeet, joilla pyritään välttämään rakentamisessa esiintyviä kosteudesta johtuvia haittoja ja vaurioita. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. (C2 Kosteus 1998, 3.)

Betonirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjastoon ei otettu mukaan perustus- ja vesikattoleikkauksia, joten niihin liittyviä rakentamismääräyskokoelman kosteutta koskevan osan vaatimuksia ei esitetä tässä opinnäytetyössä. Rakennuspohjan kuivatusta, rakennuksen alapohjaa, vesikatto- ja yläpohjaa, märkätiloja sekä laitteita ja putkia koskevat vaatimukset ovat luettavissa rakentamismääräyskokoelman osasta C2 Kosteus.

Rakentamismääräyskokoelman kosteutta koskevan osan olennainen vaatimus on, että rakennus pitää suunnitella ja rakentaa siten, että käyttäjille ja naapureille ei aiheudu kosteudesta johtuvia hygienia- ja terveysriskejä (mts. 3).

Olennaisen vaatimuksen on täytyttävä normaalilla ja taloudellisella kunnossapidolla rakennuksen suunnitellun käyttöiän ajan. Kosteusteknisesti vaativia kohteita lukuun ottamatta olennainen vaatimus täyttyy yleensä noudattamalla rakentamismääräyskokoelman osan C2 määräyksiä ja ohjeita. Lisäksi rakennukselle ja sen osille on suunniteltava kunnossapitoon liittyvät toimenpiteet, jotka laaditaan suunnitellun käyttöiän ajaksi. Kunnossapidon avuksi voidaan laatia esimerkiksi rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeet. (Mts. 3, 5.)

Rakennuksen kosteustekninen toiminta

Sisäisten tai ulkoisten kosteuslähteiden vesi, vesihöyry tai lumi ei saa päästä vahingoittamaan rakennuksen rakenteita tai sisätiloja. Rakenne on suunniteltava siten, että sillä on mahdollisuus päästä kuivumaan. Sisäilman vesihöyry, vesivahingot ja roiskevesi ovat sisäisiä kosteuslähteitä. Ulkoilman vesihöyry, rakennuskosteus, vesi- ja lumisade, maaperän kosteus sekä pinta- ja pohjavesi ovat ulkoisia kosteuslähteitä. (Mts. 3.)

Rakennuksen vaippa ja sen yksityiskohdat suunnitellaan ja tehdään riittävän tiiviiksi, jotta sisäilman vesihöyryn *konvektio* ilmavirtausten mukana estyy. Veden ja lumen joutuminen rakennuksen ulkopinnalta ja sen yksityiskohdista sisempiin rakennekerrokseen on myös estettävä. Lisäksi on huomioitava tuulen vaikutukset veden ja lumen kulkeutumiseen. (Mts. 4.)

Rakenteiden, jotka on suunniteltu pinnoiltaan kastuviksi, on oltava vedenkestäviä. Toisaalta veden aiheuttamat haitalliset vaikutukset rakenteisiin ja veden valuminen rakenteiden sisään on estettävä. Kapillaarinen vedenvirtaus rakenteeseen ja rakenteessa estetään kosteuden- tai vedeneristyksillä. (Mts. 4.)

Vettä ja mahdollisesti myös kulutusta kestäviä rakennustuotteita on käytettävä rakenteissa, joihin vesi voi päästä vaikuttamaan. Tarvikkeiden ja pintamateriaalien on kestävä käyttöolosuhteiden lisäksi myös asennusaikaisten olosuhteiden rasitukset. (Mts. 5.)

Seinärakenteet ulkoilmaa vasten

Ulkoseinän kosteuspitoisuus ei saa kehittyä vahingolliseksi sisäilman vesihöyryn *diffuusion* tai konvektion takia, joten ulkoseinärakenteiden ja niiden liitosten vesihöyrynvastus ja ilmatiiviys on huomioitava suunnittelussa. Myös ulkoseinän rakennekerrokseen ja ulkoseinään liittyviin rakenteisiin on kiinnitettävä huomiota. Rakennuskosteuden sekä ulkoseinän sisä- ja ulkopuolelta rakenteisiin joutuvan veden on pysyttävä poistumaan ulkoseinärakenteista. (Mts. 9.)

Veden kulkeutuminen painovoiman ja tuulenpaineen vaikutuksesta ulkoverhouksen taakse ja sisempiin seinärakenteisiin on estettävä. Ulkoverhouksen taakse joutuneen veden tai kosteuden on voitava poistua. Ulkoverhouksen ja eristekerroksen välisen

tilan on päästävä tuulettumaan, jos veden ja kosteuden poistamista ei voida muuten toteuttaa. Tuuletusvälin on oltava yhtenäinen, ja lisäksi suositellaan, että kuivattava ilma pääsee tuuletusväliin alhaalta ja poistuu ylhäältä. Edellä mainitut asiat on huomioitava rakenteiden ja liitosten suunnittelussa. (Mts. 10–11.)

Muuratun tiilijulkisivun taakse on jätettävä vähintään 30 millimetrin tuuletusväli. Sinne joutunut vesi johdetaan ulkoverhouksen ulkopuolelle mahdollisesti välipohjien kohdalla mutta viimeistään alimman tiilirivin sekä ikkunoiden ja ovien kohdalla. Vedenpoistossa voidaan käyttää apuna tiilimuurauksen avosaumoja, bitumikermikais-toja sekä muita luotettavia menetelmiä. Ulkoseinän varsinainen lämmöneriste suojataan tuulensuoja- tai lämmöneristekerroksella, jonka tehtävä on estää haitallisten il-mavirtausten pääsy varsinaiseen lämmöneristekerrokseen. (Mts. 10.)

Paloturvallisuuteen liittyvät asiat on huomioitava ulkoseinärakenteiden tuuletuksen suunnittelussa. Tuuletus saatetaan esimerkiksi joutua järjestämään kunkin kerroksen kohdalla erikseen. Tältä osin määräykset ja ohjeet ovat Suomen rakentamismääräys-kokoelman osassa E1 Rakennusten paloturvallisuus.

Seinärakenteet maata vasten

Kosteuden haitallinen siirtyminen sokkelista ja maanvastaisesta lattiarakenteesta ul-koseinärakenteeseen on estettävä. Seinän alareunan on kuitenkin voitava tarvitta-essa kuivua. Ulkoseinän alareunan oikea sijainti on vähintään 0,3 metriä viereistä maanpintaa korkeammalla. (C2 Kosteus 1998, 11.)

Kosteuden kulkeutuminen maanvaraisesta lattiarakenteesta väliseinään on myös es-tettävä. Jos puu-, betoni-, harkko- tai tiiliseinä tehdään suoraan maanvaraisen lattian päälle, laatan ja seinän väliin on asennettava esimerkiksi bitumikermi tai muu kosteu-den katkaiseva kerros. (Mts. 12.)

Vedeneristystä tai vedenpaineen eristystä on käytettävä kellarin maanvastaisen sei-nän ulkopinnassa tai eristeen ja muun seinärakenteen välissä, jos eriste sijaitsee muun seinärakenteen ulkopuolella maata vasten. Eriste suositellaan sijoitettavaksi kellarin maata vasten olevan seinäosan ulkopuolelle seinän lämpötilan kasvatta-miseksi ja kosteuden vähentämiseksi. (Mts. 12.)

Veden- ja vedenpaineenerityksen tehtävä on estää maanvastaista seinärakennetta kastumasta. Muuten rakenne voi kastua ympäröivän maan kosteudesta sekä pinta- ja sulamisvesistä johtuen. Vedenpaineeneristystä on käytettävä vedenpaineelle altistuvassa rakenteessa. (Mts. 12.)

Ikkunat ja ovet

Ilmavuotojen ja ulkopuolelta tunkeutuvan veden vuoksi ikkunoiden ja ovien on oltava tarpeeksi tiiviitä. Sadeveden ja lumen tunkeutuminen rakenteisiin on huomioitava ikkunoita ja ovia suunniteltaessa. (Mts. 11.)

Kosteuden huomioiminen detaljisuunnittelussa

Rakennusten ulkopintojen, saumojen ja liitosten suunnittelussa on huomioitava erityisesti

- tuulenpaineen vaikutus veden kulkeutumiseen
- rakenteita kohti (myös ylöspäin) tapahtuva veden ja lumen liikkuminen
- kapillaarinen veden virtaus sekä
- veden valuminen painovoiman vaikutuksesta (RIL 107-2012. 2013, 15).

Veden tunkeutuminen ja valuminen rakenteiden sisään on pyrittävä huomioimaan ja estämään jo ulkopintojen ja detaljien suunnittelu- ja valmistusvaiheissa. Pintojen kallistuksilla vaikutetaan veden valumiseen takaisin rakenteiden ulkopuolelle. (Mts. 16.)

4.1.5 Paloturvallisuusvaatimukset

Yleistä

Rakenteiden ja niiden liitosten suunnittelu edellyttää kantavilta ja osastoivilta rakenteilta vaadittavien kantavuus-, tiiviys- ja eristävyysominaisuuksien säilyttämisen vähimmäisajan määrittämistä. Edellä mainittu aika saadaan rakennuksen paloluokan ja palokuorman perusteella. Seuraavaksi tarkastellaan paloluokkaan ja palokuormaan vaikuttavia Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä.

Rakennusten paloturvallisuutta koskevat vaatimukset on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 Rakennusten paloturvallisuus (2011). Määräykset koskevat uudisrakentamista, mutta niitä sovelletaan myös korjaus- ja muutostalotamiseen (E1 Rakennusten paloturvallisuus 2011, 8).

Paloturvallisuutta koskevien olennaisten vaatimusten täyttyminen edellyttää sitä, että

- kantavien rakenteiden tulee säilyttää kantavuutensa niiltä vaaditun vähimmäisajan
- paloa ja savua rakennuksessa rajoitetaan
- palon leviämistä muihin rakennuksiin rajoitetaan
- henkilöiden tulee voida pelastautua tai heidät tulee voida pelastaa palavasta rakennuksesta sekä
- rakentamisessa on huomioitava pelastushenkilöstön turvallisuus (mts. 8).

Paloturvallisuuteen liittyvät olennaiset vaatimukset täyttyvät, jos rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan määräyksiä, jotka on ilmoitettu rakentamismääräyskokoelman osassa E1 Rakennusten paloturvallisuus. Vaihtoehtoisesti rakennus voidaan suunnitella ja rakentaa huomioimalla kyseisen rakennuksen oletettu palonkehitys ja kaikki siitä aiheutuvat tilanteet. (Mts. 8.)

Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset ilmoitetaan merkinnällä R (kantavuus), E (tiiviyys) tai EI (tiiviyys ja eristävyys) sekä sen jälkeen merkittävällä vähimmäisajalla, joka voi olla 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240 minuuttia. Rakennusosan paloluokka voi olla esimerkiksi REI60, jolloin sen on säilytettävä kantavuutensa, tiiviytensä ja eristävyytensä vähintään 60 minuutin ajan. (Mts. 5.)

Rakennustarvikkeet jaetaan paloluokkiin A1, A2, B, C, D, E ja F lattiapäällysteitä lukuun ottamatta. Savun tuotto jaetaan luokkiin s1, s2 ja s3. Palavan pisaroinnin luokat ovat d0, d1 ja d2. Lattiapäällysteille, kattoille, suojaverhouksille ja putkimaisille lämmöneristeille on lisäksi omat luokituksensa. (Mts. 5.)

Palokuorma

Asuinrakennuksen asuntojen palokuorman katsotaan olevan alle 600 MJ/m^2 . Irtaimistovarastoja sisältävien kellaritilojen katsotaan kuuluvan palokuormaryhmään ”vähintään 600 MJ/m^2 ja enintään 1200 MJ/m^2 ”. Edellä mainitut palokuormaryhmät vaikuttavat kantavien ja osastoivien rakenteiden ja liitosten palonkestävyysvaatimuksiin. (Mts. 10.)

Paloluokka

Rakennukset jaetaan paloluokkiin P1, P2 ja P3. Paloluokassa P1 kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta eikä henkilömäärää tai rakennuksen kokoa ole rajoitettu. Paloluokassa P2 kantavien rakenteiden vaatimukset ovat matalammat, mutta huomiota kiinnitetään rakennuksen pintaosille ja laitteille, jotka parantavat paloturvallisuutta. Myös henkilömäärää ja rakennuksen kokoa on rajoitettu. Paloluokassa P3 kantaville rakenteille ei ole asetettu palonkestävyysvaatimuksia, vaan paloturvallisuus saadaan aikaiseksi rajoittamalla henkilömäärää ja rakennuksen kokoa. (Mts. 10.)

Paloluokassa P2 asuinrakennus saa olla enintään 14 metriä korkea, jos siinä on 3–4 kerrosta, ja enintään 26 metriä korkea, jos siinä on 5–8 kerrosta. Yksi- tai kaksikerroksisille asuinrakennuksille ei ole ilmoitettu erityisvaatimusta, joten tällöin noudatetaan yleissääntöä, jonka mukaan rakennus saa olla enintään 9 metriä korkea. (Mts. 11.)

Paloluokassa P2 asuinrakennuksen kerrosala saa olla enintään 12 000 m², jos rakennus on yli kaksikerroksinen. Paloluokassa P3 asuinrakennusta ei saa rakentaa kahta kerrosta korkeammaksi. Yksikerroksisessa rakennuksessa kerrosala saa olla enintään 2 400 m² ja kaksikerroksisessa enintään 1 600 m². (Mts. 11.)

Asuinrakennusten suurinta sallittua henkilömäärää ei ole rajoitettu missään paloluokassa (mts. 12).

Palo-osasto

Palo-osastot jakavat rakennuksen osiin, jolloin palon ja savun leviäminen on rajoitettua. Tällöin myös henkilöiden poistuminen rakennuksesta palon aikana on turvallisempaa. Lisäksi palo-osastointi helpottaa pelastustoimenpiteitä ja palon sammuttamista, jolloin omaisuusvahingotkin vähenevät. (Mts. 13.)

Jokainen kerros muodostaa oman palo-osastonsa, niin myös ullakko ja kellarikerrokset. Tilat voivat erota toisistaan palokuormaltaan tai käyttötavaltaan, jolloin ne on erotettava omiksi palo-osastoikseen, jos henkilöiden tai omaisuuden suojaaminen sitä vaatii. Asuinrakennuksessa jokainen huoneisto muodostaa oman palo-osastonsa. Erillisiä palo-osastoja ovat myös porrashuone, autosuoja sekä kattilahuone. Asuinra-

kennuksessa ullakkotilaa voidaan käyttää pyykinkuivatukseen tai huoneistojen irtaimistovarastoina, mutta P2-luokan 3–8-kerroksisissa rakennuksissa tätä ei ole sallittu. (Mts. 13.)

Paloluokissa P1 ja P2 yhden palo-osaston enimmäispinta-ala ullakolla on 1 600 m² ja kellarissa 800 m². Paloluokassa P3 kellarin palo-osaston enimmäispinta-ala on 400 m², ja ullakkotila osastoidaan alemman kerroksen palo-osastojen perusteella. (Mts. 14.)

Palo-osastojen sekä niiden rakenteiden ja liitosten tulee estää palon leviäminen muihin osastoihin määrätyn ajan. Palokuormalle, jonka suuruus on alle 600 MJ/m², vaatimus on EI60, jos rakennus kuuluu paloluokkaan P1 tai se on 3–8-kerroksinen paloluokkaan P2 kuuluva rakennus. Samalle palokuormalle vaatimus on EI30, jos rakennus on 1–2-kerroksinen paloluokkaan P2 kuuluva rakennus, tai jos se kuuluu paloluokkaan P3. (Mts. 17–18.)

Rakennustarvikkeiden paloluokkavaatimus on A2-s1, d0, jos niitä käytetään osastovissa rakennusosissa. Oven ja ikkunan palonkestävyysaika on vähintään puolet siihen liittyvän osastoivan seinän palonkestävyysajasta. Putket, roilot, johdot ja hormit voidaan viedä osastoivan rakennusosan läpi, jos ne eivät vähennä rakennusosan osastoituvuutta. (Mts. 18–19.)

Ulkoseinät ja parvekkeet eivät saa aiheuttaa palon leviämistä. Ulkoseinärakenteen paloturvallisuudessa on huomioitava palon leviämisen ehkäiseminen ulkopintaa pitkin, rakenteen sisällä ja liitoksien kautta. (Mts. 19.)

Rakenteiden kantavuuden säilyttäminen

Rakennuksen paloluokka ja palokuorma määräävät kantavilta rakenteilta vaaditun vähimmäisajan, jonka kuluessa palon alkamisesta rakennus tai rakennusosa ei saa sortua ja aiheuttaa vaaraa. Ihmisten turvallisuuden tai vahinkojen suuruuden takia rakennuksen voidaan edellyttää kestävän sortumatta koko tulipalon ajan aina jäähtymiseen saakka. (Mts. 14.)

Paloluokkaan P1 kuuluvan 1–8-kerroksisen asuinrakennuksen kantavien rakenteiden vaatimus on vähintään R60, jos palokuorma on alle 600 MJ/m². Yli kahdeksankerroksisen asuinrakennuksen kantavien rakenteiden vaatimus on vähintään R120 samalla

palokuormalla. Paloluokkaan P2 kuuluvan ja edellä mainitun palokuorman omaavan asuinrakennuksen kantavien rakenteiden vaatimus on R30, jos rakennuksessa on 1–2 kerrosta, ja R60, jos rakennuksessa on 3–8 kerrosta. Yli kahdeksan kerroksista rakennusta ei ole mahdollista toteuttaa paloluokassa P2. (Mts. 16.)

Seuraavissa taulukoissa on esitetty osastoivien seinien vähimmäispaksuudet kantaville ja ei-kantaville seinille eurokoodin mukaan. Kantavien seinien yhteydessä on myös ilmoitettu raudoitusteräksen keskiön vähimmäisetäisyys seinän ulkopinnasta.

Taulukko 1. Vähimmäisarvot kantavien seinien paksuudelle ja keskiöetäisyydelle (SFS-EN 1992-1-2 + AC 2005, 42; BY 211. 2013, 70)

Standardipalonkestävyys	Vähimmäismitat (mm) Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60
* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä. Ks. kohdasta 5.3.2 (3) hyväksikäyttöasteen μ_{fi} määritelmää.				

Taulukko 2. Vähimmäisarvot osastoivien, ei-kantavien seinien paksuudelle (SFS-EN 1992-1-2 + AC 2005, 42; BY 211. 2013, 70)

Standardipalonkestävyys	Seinän vähimmäispaksuus (mm)
1	2
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

Palon kehittymisen rajoittaminen

Rakennuksessa käytettävät rakennustarvikkeet eivät saa edistää paloa. Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen ulkoseinissä on käytettävä vähintään luokan B-s1, d0 rakennustarvikkeita. Vähintään luokan D-s2, d2 tarvikkeita pitää käyttää P2-paloluokan 3–8-kerroksisen rakennuksen ulkoseinän rungossa ja vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeita lämmöneristeenä ja muuna täyteenä. Paloluokkaan P2 kuuluvien 1–2-kerroksisten rakennusten ulkoseinää koskevat vaatimukset liittyvät ainoastaan seinän ulko- ja sisäpintoihin sekä suojaverhoukseen ja tuuletusraon pintaan liittyviin materiaaleihin. Paloluokassa P3 vaatimuksia asetetaan vain ulkoseinän ulko- ja sisäpintojen rakennustarvikkeille. (E1 Rakennusten paloturvallisuus 2011, 23.)

Parvekerakenteita koskevat samat vaatimukset kuin ulkoseinän ulkopintaa ja tuuletusraon sisäpintaa (mts. 25).

Paloturvallisuuden huomioiminen detaljisuunnittelussa

Liitoksen palosuojauksen suunnittelussa huomioidaan liitoksen ja siihen liittyvien rakenteiden tehtävä, palonkestovaatimus ja palosuojausmenetelmä. Palosuojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi riittävällä betonipeitteellä, lämmöneristeellä tai palosuojaa-aineella.

4.1.6 Äänitekniset vaatimukset

Rakennusten rakenteelliselle ääneneristykselle ja meluntorjunnalle on olemassa ympäristöministeriön asettamat määräykset, jotka on ilmoitettu vuonna 1998 julkais-

tussa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset koskevat uudisrakennuksia, ja ne on ilmoitettu tarkasti erityisesti asuinrakennuksille. Vaatimukset koskevat *ilma-* ja *askelääneneristävyyttä*. (C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa 1998, 1–3.)

Meluntorjuntaa koskevia säännöksiä on myös kaavamääräyksissä, meluntorjuntalain pohjalta annetuissa valtioneuvoston päätöksissä, terveydensuojelulainsäädännössä, naapurisuuhdeloissa ja työturvallisuussäännöksissä (mts. 3).

Rakentamismääräyskokoelman edellyttämä äänieristyksen ja meluntorjunnan olennainen vaatimus täyttyy, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että melu ei aiheuta haittaa rakennuksessa tai sen läheisyydessä olevien terveydelle, ja että se mahdollistaa työskentelyn, lepäämisen ja nukkumisen tarpeeksi hyvissä olosuhteissa. (mts. 3).

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 (1998) ilmoitetut asuinrakennuksissa noudatettavat akustiset vaatimukset on listattu seuraavassa taulukossa.

Taulukko 3. Asuinrakennuksien äänitekniset vaatimukset (C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa 1998, 5)

Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun R'_w (dB) arvot	dB
Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä	55
Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi	39

Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ (dB) arvot	dB
Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen, yleensä	53
Uloskäytävästä asuinhuoneeseen	63

Suurin sallittu jälkikaiunta-aika uloskäytävissä	s
Uloskäytävässä, josta on käynti vähintään kahteen huoneistoon	1,3

Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso asunnossa	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)
Keittiö	33	38
Muut asuinhuoneet	28	33

LVIS-laitteet saavat tuottaa enintään 45 dB keskiäänitason ($L_{A,eq,T}$) saman tai muiden rakennusten pihoilla, ikkunoiden ulkopuolella, parvekkeilla tai muissa vastaavissa paikoissa (mts. 7).

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 mukaan huoneistojen välisen ilmaääneneristävyyden tulee olla vähintään 55 desibeliä. Tämä tarkoittaa sitä, että voimakas puhe ei saa kuulua seinän läpi huoneistosta toiseen. Ontelolaattavälipohjilla ja 180 millimetriä paksuilla betoniväliseinillä päästään määräysten raja-arvojen paremmalle puolelle, jolloin eristävyydeksi voi tulla jopa 58 dB. (Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet 2007, 50.)

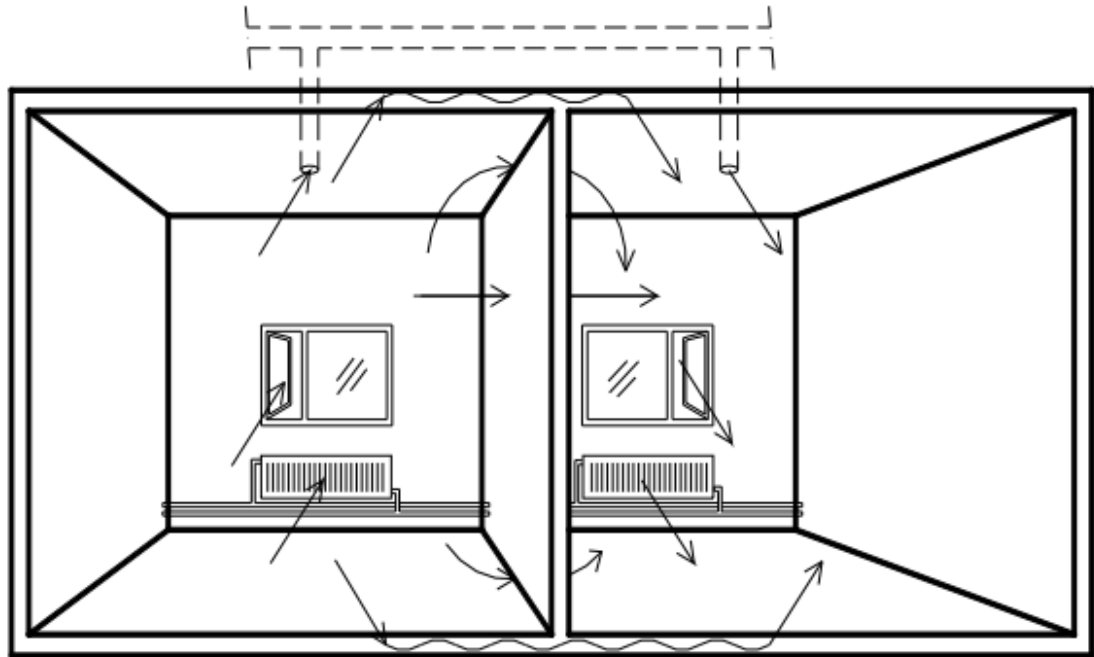
Rakenteen massa ja jäykkyys vaikuttavat ilmaääneneristävyyteen. Tästä johtuen betonista valmistetut välipohjat ja seinät eristävät hyvin ääntä. Lähtökohtana voidaan pitää sitä, että massiivinen rakenne eristää ääntä paremmin. Rakenteen tiiviydellä on suuri merkitys ilmaääneneristävyyteen. Pienikin aukko rakenteessa tai liitoksessa huonontaa eristävyyttä huomattavasti. (Mts. 50.)

Välipohjissa on suositeltavaa käyttää vähintään 240 millimetriä paksua paikalla valettua betonilaattaa tai vähintään 500 kg/m² painavaa ontelolaattaa. Lisäksi suositellaan pehmeän lattiapäällysteen tai lautaparketin käyttämistä. Kelluvaa lattiarakennetta pitää käyttää, jos lattian pintamateriaalina käytetään mosaiikkiparkettia, kiveä tai ke-raamista laattaa. Kelluva betonilaatta on paras vaihtoehto useimmissa tapauksissa asukkaiden viihtyvyyden kannalta. (Mts. 50.)

Betonirakenne vaimentaa hyvin pientaajuisia eli matalia ääniä, jotka ovat useissa tapauksissa ongelmallisia. Kevyissä välipohjarakenteissa askeläänät saattavat kuulua häiritsevästi ylemmän kerroksen huoneistosta alemman kerroksen huoneistoon, vaikka välipohja täyttäisikin askelääneneristävyydelle asetetut vaatimukset. Betonivälipohjat heikentävät askelääniä selvästi vaatimuksia paremmin, jolloin meluhaittoja ei ilmene. (Mts. 50.)

Ilmaääneneristysluku voidaan mitata rakennuksessa (R'_w -arvo) tai laboratoriossa (R_w -arvo). Rakennuksessa mitattuna ilmaääneneristysluvuksi saadaan aina pienempi arvo kuin laboratoriossa, koska rakennuksessa ääni siirtyy tilojen välillä olevan rakenteen lisäksi myös muiden rakenteiden, kuten ylä-, väli- ja alapohjan sekä LVIS-järjestelmien

johtojen, putkien ja kanavien kautta. Lisäksi ääni voi siirtyä ylä-, väli- ja alapohjien sekä ulko- ja väliseinien liitosten ja niissä olevien reikien välityksellä. (Asuinrakennusten ääniteknikan täydentävä suunnitteluohje 2009, 13.) Seuraava kuvio havainnollistaa edellä lueteltuja äänen siirtymisreittejä.



Kuvio 2. Rakennuksessa olevia äänen siirtymisreittejä (Asuinrakennusten ääniteknikan täydentävä suunnitteluohje 2009, 13)

Sivutiesiirtymässä ääni etenee rakenteessa, joka sivuaa kahta huonetta. Kun ilmaääneneristävyyttä mitataan rakennuksessa, kaikki tilaa rajaavat pinnat alkavat värähdellä mittauksessa käytetyn äänilähteen vaikutuksesta. Tällöin ääni siirtyy tiloja erottavan rakenteen lisäksi runkoäänenä myös kaikkia muita rakenteita pitkin. Liitoksen kohdatessaan ääni (värähtely) jakautuu suhteessa, joka riippuu liittyvien rakennusosien massasta ja liitoksen jäykkyydestä. Sivutiesiirtymää voidaan rajoittaa rakenteen massalla ja jäykkyydellä sekä ilma-, mineraalivilla- ja kumikerroksilla. (Mts. 14.)

4.1.7 Raudoituksia koskevat vaatimukset

Yleistä

Raudoituksia suunniteltaessa tulee huomioida raudoituksen korroosiosuojaus, tankojen väliset etäisyydet, tankojen taivutustelan sallitut halkaisijat, raudoituksen ankkurointi, limijatkokset ja mekaaniset jatkokset.

Raudoituksen korroosiosuojaukseen vaikuttavat betonipeitteen paksuus, tiheys ja laatu sekä betonirakenteen halkeilu (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 47; RIL 202-2011/BY 61, 25).

Betoniteräksiä koskevat vaatimukset

Betoniterästen ominaisuuksista on säädetty 1. maaliskuuta 2016 voimaan tullessa ympäristöministeriön asetuksessa hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksista. Asetuksessa betoniteräs määritellään teräkseksi, joka on harjakuvioinen ja hitsattava sekä valmistettu hiiliteräksestä, austeniittisestä teräksestä tai austeniittis-ferriittisestä teräksestä kuumavalssaamalla ja/tai kylmämuokkaamalla. (A 16.2.2016/125.)

Asetuksen mukaan betoniteräkseltä vaaditaan

- 4–40 millimetrin nimellishalkaisijaa
- vähintään 400 megapascalin myötölujuuden ominaisarvoa
- hitsattavuutta
- vähintään sitkeysluokkaa A
- kemialliselta koostumukseltaan pitkäaikaiskestävyyttä
- tangon pinnanmuotojen (harjojen) tarttuvuutta betoniin sekä
- taivutettavuutta (A 16.2.2016/125).

Ympäristöministeriön asetuksessa hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksista säädetään tarkemmin muun muassa betoniterästen vetolujuusominaisuuksien, sitkeysluokkien (A, B ja C), mittojen ja mittapoikkeamien, väsymisljujuuksien sekä taivutettavuusominaisuuksien kokeellisista osoittamismenetelmistä (A 16.2.2016/125).

Tankojen väliset etäisyydet

Täryttimien ja betonin hyvän tiivistymisen vaatima tila on huomioitava, kun tankoja sijoitetaan päällekkäin useisiin vaakakerroksiin, ja kun tankojen välisiä etäisyyksiä määritetään. Ylemmän kerroksen tangot sijoitetaan samaan kohtaan eli samaan pystyviin alemman kerroksen tankojen kanssa. Tankojen välisiä etäisyyksiä koskevat tarkemmat ehdot ovat standardissa EN 1992 ja ohjeessa RIL 202-2011/BY 61. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 130; RIL 202-2011/BY 61, 63.)

Tankojen taivutus

Tankojen taivutustelan halkaisijan minimiarvo määritetään, jotta raudoitus ei vaurioituisi tankoja taivutettaessa. Tankojen taivutustelan halkaisijan minimiarvojen suositukset on esitetty Eurokoodi 2 -standardin taulukossa 8.1N. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 130–131.) Suomessa ohjeet tankojen taivutustelan vähimmäishalkaisijan määrittämiseksi on esitetty eurokoodin kansallisessa liitteessä, jonka perusteella arvot on laskettu ja taulukoitu esimerkiksi ohjeen RIL 202-2011/BY 61 sivulla 64.

Betonirakenteen kestävyyttä tankojen taivutuskohdan aiheuttamien rasitusten suhteen ei tarvitse tarkistaa, jos taivutustelan halkaisijana käytetään edellä mainitussa taulukossa olevia arvoja, ja jos standardissa olevat tangon ankkurointiin ja sijoittamiseen liittyvät lisäehdot täyttyvät. Jos ehdot eivät täyty, standardissa on kaava, jolla taivutustelan halkaisijaa voidaan muuttaa suuremmaksi. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 130–131; RIL 202-2011/BY 61, 63.)

Ankkurointi

Teräsbetonirakenteen raudoituksen on ulotuttava tuille, jotta kuormat siirtyvät rakenteelta toiselle luotettavasti. Ankkurointipituudeksi kutsutaan sitä mitta, jonka pituudelta raudoitus on yhteydessä tukeen. Ankkurointi riippuu käytetyn terästangon halkaisijasta, betonin lujuusluokasta ja tartuntatilasta, joka jaetaan kahteen tartuntatilaan I ja II. Tartuntaolosuhteet ovat hyvät tartuntatilassa I, jolloin ankkurointipituuden arvo on pienempi. Huonot tartuntaolosuhteet ovat tartuntatilassa II, jolloin ankkurointipituuden arvo on suurempi. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 131–133; RIL 202-2011/BY 61, 64–65.)

Standardissa EN 1992 ja ohjeessa RIL 202-2011/BY 61 on lisäksi erilliset ohjeet hakojen, leikkausraudoitusten ja hitsattujen tankojen ankkuroimiseksi.

Limijatkokset ja mekaaniset jatkokset

Limijatkoksilla, hitsausliitoksilla, mekaanisilla liitososilla sekä taivutuksia tai koukkuja käyttämällä voidaan siirtää voimia yhdeltä raudoitustangolta toiselle (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 137; RIL 202-2011/BY 61, 67). Edellä mainituilla menetelmillä jatketaan tangon pituutta tai siirretään voimia betonin välityksellä tangolta toiselle.

Tankoja ei saa limittää kohdissa, joissa momentti tai voima saa suurimman arvonsa. Tangot limitetään porrastetusti, jotta kaikki jatkokset eivät tule samaan poikkileikkaukseen. Kaikkien puristus- ja jakoraidoitteiden jatkaminen samassa poikkileikkauksessa tankoja limittämällä on kuitenkin sallittua. Standardissa EN 1992 on ehdot jatkospituudelle, limitettävien tankojen välisille etäisyyksille ja limityksen määrälle samassa poikkileikkauksessa. Halkaisijaltaan 25 millimetrin tankojen limitystä ei suositella ollenkaan, mutta se voidaan kuitenkin toteuttaa standardin EN 1992 ohjeita noudattamalla. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 137–139; RIL 202-2011/BY 61, 67–68.)

Tankojen limitys aiheuttaa kuormitustilanteessa poikittaisia vetovoimia, jotka otetaan vastaan limitysalueelle sijoitettavalla poikittaisraudoituksella. Sitä ei kuitenkaan vaadita, jos limitettävien terästankojen halkaisija on alle 20 millimetriä, tai niiden prosenttiosuus on alle 25 % missä tahansa poikkileikkauksessa, ja jos limitysalueella on mitä tahansa poikittaista raudoitusta tai hakoja. Standardissa EN 1992 on ohjeet vedettyjen ja puristettujen limitystankojen limitysalueen poikittaisraudoituksen määrittämiseksi. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 139–140; RIL 202-2011/BY 61, 68–69.)

Sidejärjestelmät

Sidejärjestelmillä estetään onnettomuuksista ja niiden aiheuttamista kuormista johtuva jatkuva sortuminen. Sidejärjestelmän tarkoitus on mahdollistaa kuormien siirtyminen perustoille toista reittiä pitkin paikallisen vaurion tapahduttua. Sidejärjestelmää tulee käyttää rakenteissa, joita ei suunnitella monoliittisesti kestäämään onnettomuuksien aiheuttamia kuormitustilanteita. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 166; RIL 202-2011/BY 61, 81.)

Sidejärjestelmän osat ovat

- rengasraudoitus: laataston ympäri kiertävä katkeamaton sideraudoitus

- saumaraudoitus: laataston sisäiset sideraudoitukset
- pilari- ja seinäraudoitus: vaakasuuntaiset sideraudoitukset
- pystyraudoitus: levymäisten rakenneosien pystysaumoissa oleva pystysauma-raudoitus (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 166; RIL 202-2011/BY 61, 81).

Sidejärjestelmän raudoituksen voidaan katsoa sisältyvän joko osittain tai kokonaan pilareiden, palkkien, seinien tai välipohjien raudoituksiin, jos niitä ei käytetä edellä mainittujen rakenneosien varsinaisena raudoituksena. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 166; RIL 202-2011/BY 61, 81.)

Rengas- ja saumaraudoituksella saadaan laatastoon kohdistuvat piste- ja viivakuormat jakautumaan usealle laatalle. Edellä mainitut raudoitukset estävät laataston laajeneminen poikittaisessa suunnassa, joten onnettomuustilanteessa elementtien putoaminen kantokykynsä menettäneeltä toisen pään tuelta estyy. Saumaraudoitus ja -valu muodostavat rakenteen, jonka avulla välipohja säilyttää osittaisen kantavuu- tensa vaurioalueen kohdalla. Lisäksi saumaraudoitus estää laattaelementtiä putoa- masta tuen päältä lämpölaajenemisen ja kosteusvaihteluiden aiheuttaman laatan lii- kehinnän takia. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 57.)

Rengasraudoitus sijoitetaan väli- ja yläpohjiin enintään 1,2 metrin etäisyydelle reu- nasta, ja se suunnitellaan samoja perusteita käyttäen rakennuksen sisä- ja ulkonurk- kiin. Raudoitus on ankkuroitava sitä koskevien sääntöjen mukaisesti. Rengasraudoi- tuksen määrään vaikuttaa tasoon kohdistuvat vaakavoimat ja jäykistävien pystyra- kenteiden etäisyys. Standardissa EN 1992 ja sen kansallisissa liitteissä on määritetty ehdot rengasraudoituksena käytettävien terästen laskemiseksi. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 166–167; RIL 202-2011/BY 61, 81–82.)

Väli- ja yläpohjat sidotaan laataston sisäisillä sideraudoituksilla kahteen suuntaan eli kohtisuorasti toisiaan vastaan. Sisäisten sideraudoitusten on oltava jatkuvia koko pi- tuudeltaan molempiin suuntiin. Ne on ankkuroitava rengasraudoituksiin molemmissa päissä, jos ne eivät jatku sideraudoituksina pilareihin tai seiniin. Poikittaisen side- raudoituksen asentaminen on mahdotonta, jos välipohjassa ei ole pintavalua. Tällöin poikittaiset sideraudoitukset on asennettava palkkikaistoihin. Standardissa EN 1992 on ohjeet sisäisinä siteinä käytettävien terästen määrittämiseksi. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 167; RIL 202-2011/BY 61, 82.)

Laatastojen reunoilla sijaitsevat pilarit ja seinät on sidottava jokaiseen väli- ja yläpohjatasoon. Nurkissa sijaitsevat pilarit on sidottava kahdessa suunnassa. Vaakasiteenä voidaan käyttää rengasraudoituksen teräksiä. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 168; RIL 202-2011/BY 61, 83.)

Jatkuvat pystysiteet suunnitellaan kantamaan kuormat, jotka siirtyvät niille onnettomuudessa vaurioituneen pilarin tai seinän yläpuolelta. Pystysiteet kulkevat rakennuksen alimmalta tasolta ylimmälle tasolle. Tarvittaessa kuormien siirtymiseen voidaan käyttää myös vaurioitumattomien seinien levyvaikutusta tai välipohjien holvivaikutusta. Tällöin rakenteiden tasapaino ja muodonmuutoskyky on pystyttävä osoittamaan. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 168; RIL 202-2011/BY 61, 83.)

Siteet tulee jatkaa ja ankkuroida standardin EN 1992 mukaisesti. Kapeissa kahden elementin välisissä saumoissa ei pääsääntöisesti ole sallittua käyttää limijatkoksia. Ankkurointi suoritetaan rakenteen ulkokehälle. Siteet asetetaan pintabetonivaluun tai elementtien välisiin saumoihin. Eri tasossa olevien siteiden epäkeskisyydestä aiheutuvat taivutusvaikutukset huomioidaan suunnittelussa. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 168; RIL 202-2011/BY 61, 83.)

4.1.8 Kiinnityksiä koskevat vaatimukset

Betonirakenteiden ja niiden liitosten suunnittelussa tulee huomioida paikalliset vaikutukset, joita betoniin asennettavat kiinnitysosat aiheuttavat. Lisäksi on huomioitava kiinnitysosien vaikutukset muuhun rakenteeseen. (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 27; RIL 202-2011/BY 61, 19.)

CE-merkintä ja varmennettu CE 2 -käyttöseloste vaaditaan kaikilta betoniin asennettavilta kiinnitysosilta. (ks. SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 27; RIL 202-2011/BY 61, 19.)

4.2 Mittajärjestelmä

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan G1 Asuntosuunnittelu (2005, 5, 7) mukaan asuinrakennuksen vähimmäiskerroskorkeus on 3 000 millimetriä ja vähimmäis-huonekorkeus on 2 500 millimetriä. Kerroskorkeus on alemman kerroksen huoneen lattiapinnasta ylemmän kerroksen huoneen lattiapintaan mitattu etäisyys. Huonekorkeus on huoneen lattiapinnan ja kattopinnan välinen etäisyys.

Suomessa asuinrakennusten kerroskorkeutena käytetään yleensä vähimmäiskerroskorkeutta, jolloin siitä sekä huonekorkeuden vähimmäisarvosta voidaan laskea asuinrakennuksen välipohjan enimmäiskorkeus, joka on siis 500 millimetriä. Välipohjarakenteiden ja mahdollisesti myös talotekniikkaratkaisujen on mahdollista edellä mainittuun tilaan. Vaatimukset kerros- ja huonekorkeuksille mahdollistavat asuin- ja märkätilojen lattiapinnan rakentamiseen samaan tasoon, mikä mahdollistaa liikkumisen esteettömyyden. Tällöin vesi- ja viemäriputket voidaan sijoittaa kantavan laatan päälle tehtäviin pintakerroksiin. (RT 82-10821. 2004, 2.)

4.3 Runkojärjestelmä

Asuinkerrostalossa voidaan käyttää yleensä jompaakumpaa kahdesta eri runkojärjestelmästä. Toisessa runkojärjestelmässä ontelolaatat ja ei-kantavat ulkoseinät sijoitetaan pituussuuntaisesti rakennukseen nähden, jolloin välipohjat tukeutuvat rakennuksen poikkisuuntaisiin kantaviin ulko- ja väliseiniin. Toisessa vaihtoehdossa edellä mainitut rakenteet sijoitellaan muuten samalla tavalla, mutta alimmassa kerroksessa runko kannatellaan pilareilla ja palkeilla. Jälkimmäistä vaihtoehtoa käytetään, jos alimpaan kerrokseen halutaan sijoittaa pysäköinti- tai liiketilaa, jota voidaan tarvittaessa jakaa osiin kevytrakenteisilla väliseinillä. Pilarit ja palkit sijoitetaan tällöin ylemmien kerrosten kantavien seinälinjojen alle samalle kohdalle. (RT 82-10821. 2004, 2.)

Asuinkerrostalon jäykistäminen tapahtuu betoniseinillä, jotka tukeutuvat perustuksiin. Seinäelementit sidotaan levyrakenteiksi saumavaluilla ja -teräksillä. Rakennuksessa on paljon kantavia ulko- ja väliseiniä, joten poikittaissuunnassa ne yleensä riit-

tävät rakennuksen rungon jäykistämiseen. Pitkittäissuunnassa kantavia seiniä ei välttämättä ole riittävästi. Tällöin jäykistäminen on tehtävä hissikuilun tai porrashuoneen seinillä. (Mts. 2.)

Rakennukseen kohdistuvat vaakakuormat siirretään laatastojen välityksellä pystyrakenteille. Laatastot jäykistetään yhtenäisiksi levyiksi saumavaluilla ja -teräksillä, jolloin saumat siirtävät leikkausvoimat jäykistäville seinille. Rengasraudoitukset kiertävät laatastojen ympäri, ja ne mitoitetetaan kestäämään laatastoon kohdistuva momentti. (Mts. 2.)

4.4 Rakenteet

4.4.1 Perustukset

Betonirakenteisessa asuinrakennuksessa perustukset tehdään kantaville ulko- ja väliseinille sekä pilareille. Ei-kantavat julkisivuelementit voidaan tukea kantavien seinien perustuksiin, jolloin niille ei tarvitse tehdä omia anturoita. Anturat tehdään kuitenkin kaikille ulkoseinälinjoille, jos rakennuksessa on kellarikerroksessa sijaitsevia maanpaineiseiniä, joita kuormittaa maanpaine ja maan pintakuorma. Kuormien suuruus ja maan kantokyky vaikuttavat perustusten tyyppiin ja kokoon. Asuinrakennuksen anturat tehdään yleensä rakennuspaikalla. (RT 82-10821. 2004, 3.)

4.4.2 Pystyrakenteet

Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteina käytetään kantavia ja ei-kantavia sandwich- ja kuorielementtejä. Ei-kantaville julkisivuelementeille tulee ainoastaan ylempien kerrosten ei-kantavien julkisivuelementtien aiheuttamat kuormat. Kantavat julkisivuelementit kannattelevat yläpuolisten julkisivuelementtien lisäksi ylä- ja välipohjien kuormat. (RT 82-10821. 2004, 5.)

Ulkoseinien sandwich-elementtien lämmöneriste on yleensä mineraalivillaa. Polyuretaania ja polystyreeniä käytetään erityisesti maanpaineiseinissä ja sokkelielemen-

teissä, koska ne kestävät paremmin puristusta ja kosteutta, mutta niitä voidaan käyttää myös sandwich-elementeissä. Lisäksi polyuretaanin lämmöneristävyyks on parempi kuin mineraalivillan, jolloin lämmöneristekerroksesta saadaan ohuempi. (Mts. 5.)

Detaljisuunnittelussa on huomioitava muun muassa palokatkojen sijoittaminen aukkojen pieliin palavia eristeitä käytettäessä. Lämmöneristeen pinnassa tulee olla palamaton kerros, jos eristekerros on yhteydessä tuuletusväliin. (Mts. 5.)

Väliseinät

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen huoneistoja erottavat väliseinät ovat betonista tehtyjä, jolloin ääniteknisten vaatimusten täyttyminen ei tuota ongelmia. Huoneistojen sisäisiä kantavia väliseiniä ei yleensä tarvita, koska välipohjissa käytetyt esijännitetyt laatat mahdollistavat pitkät jännevälit ja suuret asunnot. (Mts. 3.)

Jäykistävien seinien paksuuden suositellaan olevan 150, 180, 200 tai 240 millimetriä. Asuinrakennusten kantavina väliseininä käytetään kuitenkin 180 tai 200 millimetriä paksuja väliseinäelementtejä, jolloin kantavuus- ja ääneneristävyyksvaatimukset täyttyvät. Seinän paksuutta valittaessa on tärkeää huomioida välipohjalaattojen vaatimat tukipintojen pituudet sekä saumauksen vaatima tila. Seinä mitoitetaan hoikemmassa suunnassa nivelellisenä levynä ja toisessa suunnassa jäykistävänä levynä. (Mts. 3, 17.)

4.4.3 Vaakarakenteet

Alapohjat

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen alapohjatyypit ovat paikallavalettu maanvarainen laatta tai elementtilaatasto, jota kannatellaan perustuksista tai kellarin maanpaineseinistä. Tavallisesti lämmöneriste asennetaan alapohjan elementtilaattojen alapintaan jo tehtaalla. (RT 82-10821. 2004, 4.)

Välipohjat

Ontelolaatan valintaan vaikuttavat muun muassa ontelolaattaan kohdistuvat kuormat, ääneneristävyys, palonkestovaatimus ja jänneväli, joka suurimmillaan on asuinrakennuksessa 11–13 metriä. Asuinrakennuksessa käytettävät ontelolaatat ovat yleensä 265, 320 tai 370 millimetriä paksuja. (Mts. 5, 19.)

Välipohjassa käytettävät kuorilaatat ovat 70–120 millimetriä paksuja. Lisäksi niiden päälle valettavan pintavalun paksuus on 100–200 millimetriä. Välipohjan paksuuden on oltava vähintään 270 millimetriä, joten ehto toteutuu 70 millimetrin kuorilaatalla ja 200 millimetrin pintavalulla. (Mts. 4, 19.)

Jos palonkestovaatimus on suurempi kuin R60, välipohjassa on käytettävä kyseiseen paloluokkaan hyväksyttyä palolaattaa. Vastaavassa tilanteessa kuorilaattavälipohjaan on valittava paksumpi laatta. (Mts. 4.)

Välipohjalaatan tukipinnan pituus riippuu laatan tyypistä ja tuesta, jonka päälle laatta asennetaan. Ontelolaattojen tukipintojen pituudet on listattu alla olevassa taulukossa.

Taulukko 4. Ontelolaattojen tukipintojen pituudet (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 47)

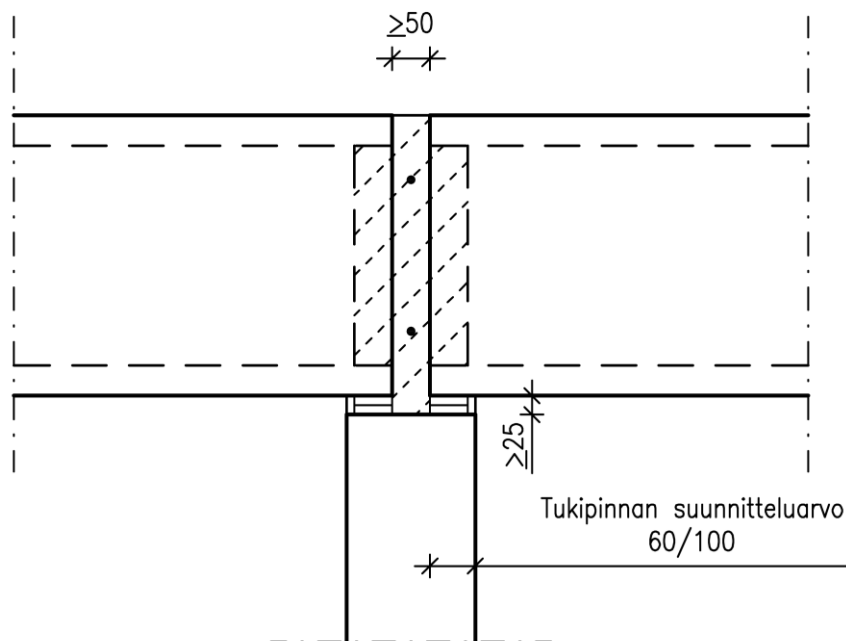
Ontelolaattatyyppi	Tukipinnan suunnitteluarvo	Tukipinnan vähimmäispituus asennustilanteessa
O18	60 mm	40 mm
O20	60 mm	40 mm
O27	60 mm	40 mm
O32	60 mm	40 mm
O37	60 mm	40 mm
O40	100 mm	80 mm
O50	100 mm	80 mm

Asennusaikainen ontelolaatan tukipinnan vähimmäispituus huomioi ainoastaan ontelolaatan kestävyden. Rakennesuunnittelija määrittää laskelmin ontelolaatan tukena toimivan rakenteen kestävyden. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 47.)

Ontelolaatan ja sen alapuolisen betonisen seinärakenteen väliin tulee jättää 20–30 millimetriä korkea rako. Ehdoton vähimmäiskorkeus on 20 millimetriä, suositusvähimmäiskorkeus on 25 millimetriä ja suosituskorkeus on 30 millimetriä. Rako saadaan aikaiseksi ontelolaatan ja betonirakenteen väliin asennettavilla asennuspaloilla. Ontelolaatan päähän jätetään tyypillisesti 50–60 millimetrin rako saumavalua varten.

Teräspalkkiin tuettaessa laatan päätysauman leveys voi olla tätä pienempikin. (Mts. 47.)

Kuviossa on esitetty ontelolaataston suunnitteluohjeen (2012) mukainen periaate, jolla ontelolaatat tukeutuvat betoniseinän varaan. Tarkempi detalji löytyy tämän opinnäytetyön luvusta, jossa käsitellään väliseinäelementin ja ontelolaattavälipohjan liitosta.



Kuvio 3. Ontelolaatat asennettuna betoniseinän päälle (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 47, muokattu)

Ontelolaatta voidaan asentaa myös esimerkiksi betonisen leuka- tai suorakaidepalkin varaan. Tueksi sopivat myös kevytsora- ja betoniharkot sekä teräksiset WQ- ja delta-palkit. (Mts. 48–50.)

Deltapalkin alalaippaa ei ole mitoitettu asennuspalojen ja neopreeninauhan välittämille kuormille, joten niitä ei saa käyttää. Ontelolaatta on siis asennettava suoraan deltapalkin alalaipan päälle. Deltapalkkia voidaan pitää taipuisana tukena, mikä johtaa ontelolaatan leikkauskestävyyden heikkenemiseen. Tämän vuoksi tukipinnan

suunnitteluarvoa kasvatetaan 20 millimetriä ontelolaatan leikkauskestävyyden parantamiseksi. (Mts. 49.) Tarkempia tietoja ontelolaatan leikkauskestävyyden vähene- misestä taipuisalla tuella on luettavissa ontelolaataston suunnitteluohjeesta (2012).

Sähköputket ja viemärit voidaan sijoittaa ontelolaattojen pääty- ja reunasaumoihin. Tarvittaessa ontelolaattojen päätyyn voidaan puhkaista sähköputkivaraukset eli SUR- urat ja viemärointi- eli VUR-urat. Koko laatan levyisen uran tekeminen on sallittua ai- noastaan laatan päihin, koska muualle tehtynä se aiheuttaisi laatan puristuskestävyy- den menettämisen. (Mts. 23.)

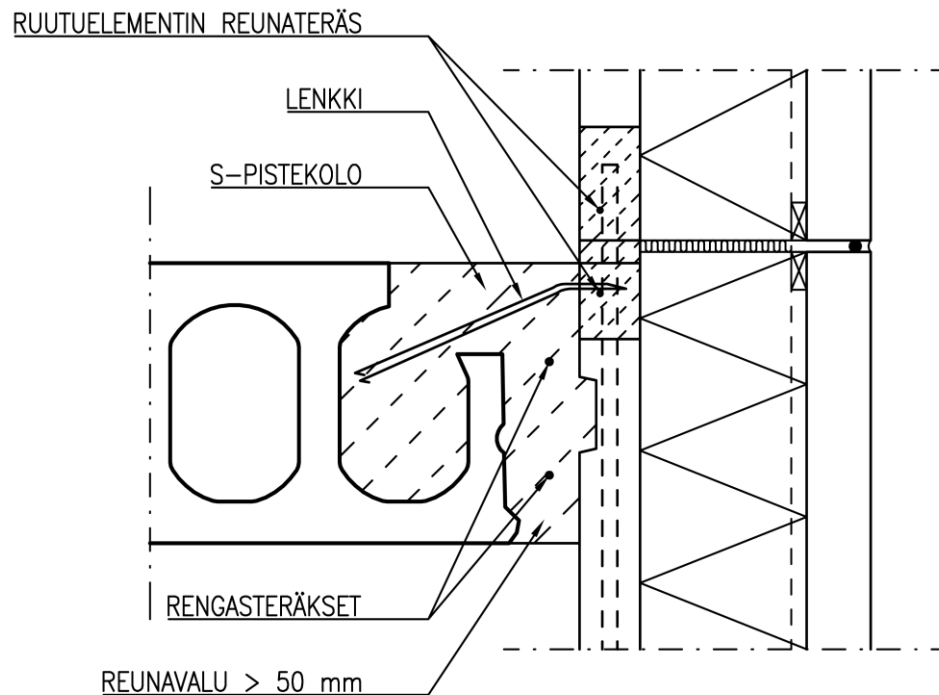
Sähköputkivaraus on laatan levyinen, ja se saa olla enintään 150 millimetriä pitkä ja 50 millimetriä syvä. SUR-uraan voidaan sijoittaa neljä sähköputkea. Niitä ei kuiten- kaan saa asettaa SUR-uraan sellaiselle kohdalle, jossa ne olisivat välittömästi yläpuoli- sen seinäelementin alapuolella. Ontelolaatan päätysaumaan voidaan sijoittaa enin- tään kolme sähköputkea, jotka on asetettava päällekkäin. (Mts. 23)

Viemärointiura on myös laatan levyinen. Lisäksi se on enintään 400 millimetriä pitkä. Urassa voidaan viedä viemäreitä ontelolaatastojen poikkisuunnassa pystynousujen läheisyyteen. Viemärointiuran maksimisyydydet eri ontelolaattatyypeille ovat seuraa- vat: O27/110 mm, O32/150 mm, O37/200 mm. Laatan suuntaisten viemärointiurien ja syvennysten tekemisessä noudatetaan ontelolaattavalmistajan rei'itysohjetta. Teh- taalla viemärointiuran viereen tehdään palkkikaista viemärointiuran leveydelle. Se on täysbetoninen alue ja yhtä korkea kuin laatta, johon viemärointiura on tehty. (Mts. 23.)

S-pistekolo on ontelolaattaan tehtävä reikä, jota käytetään julkisivuelementtien kiin- nittämiseen ontelolaatastoon. Reikä tehdään julkisivuelementin vieressä olevan on- telolaatan reunaan. Työmaalla koloon asennetaan tartuntateräkset. Valettavan alu- een rajaamiseksi onteloon asennetaan tulpat S-pistekolon kohdalle. Tämän jälkeen kolo valetaan umpeen ja betonivalu tiivistetään. S-pistekolon vakiokoko on 150 milli- metriä x 150 millimetriä, ja sen syvyys on 100 millimetriä. (Mts. 24.)

Seuraavassa kuviossa on esitetty S-pistekolo ja siihen liittyvä sandwich-elementtien ja ontelolaatan liitos. Kuvio on pelkistetty versio vakioliitosdetaljikirjaston sandwich- elementtien ja ontelolaattavälipohjan liitoksesta ei-kantavassa suunnassa. Kuvion

reunavalun vähimmäisarvo eli ontelolaatan ja sandwich-elementtien välinen etäisyys (kuviossa ”reunavalu > 50 mm”) on ontelolaataston suunnitteluohjeen (2012, 24) mukainen. Sen sijaan ohjeen mukainen harjateräs, joka liittää sandwich-elementit ja ontelolaatan yhteen, on vaihdettu vakiodetaljeissa käytetyksi lenkiksi taivutetuksi raudoitteeksi.



Kuvio 4. S-pistekolo (vrt. Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 24)

Välipohjan ja väliseinän sekä välipohjan ja ulkoseinän liitosdetaljeissa ilmoitetaan ontelolaatan tukipinnan pituus. Lisäksi niihin piirretään sähköputkivaraus, viemäröintiura ja S-pistekolo. Piirustuksissa voidaan mainita myös sähköputkien suurin sallittu määrä ontelolaatan päätysaumassa ja SUR-urassa. Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljeissa ontelolaattojen paksuutena käytettiin alkuperäisten esimerkkipiirustusten mukaisia arvoja, jotka olivat samat kuin yleisimmät asuinrakennuksissa käytetyt ontelolaattojen paksuudet eli 265, 320 tai 370 millimetriä.

Yläpohjat

Asuinrakennuksen yläpohjassa käytetään tavallisesti ontelolaattoja, joiden päälle tehdään joko tasa- tai harjakatto. Harjakatto tehdään puurakenteisista ristikoista. Toisaalta yläpohjan kallistus voidaan toteuttaa tekemällä vesikatto kaltevaksi ontelolaataston päälle. (RT 82-10821. 2004, 4.)

Suunnittelussa on huomioitava yläpohjan mitoittaminen rakenteiden omille painoille sekä lumikuormalle, joka riippuu muun muassa rakennuksen maantieteellisestä sijainnista, rakennuksen muodosta ja katon kaltevuudesta (mts. 4).

Palkit

Asuinrakennuksen ensimmäisessä kerroksessa tai kellarikerroksissa saatetaan käyttää palkkeja, jos nämä tilat tehdään liike- tai pysäköintitiloiksi. Palkit tuetaan yleisimmin pilareihin, mutta tarvittaessa myös kantava väliseinä tai ulkoseinä voi toimia tukena. Palkki sijoitetaan yleensä samansuuntaisesti kantavien seinälinjojen kohdalle. Tämän vuoksi palkki voidaan joutua tukemaan ainakin toisesta päästä ei-kantavan ulkoseinän sisäkuoresta, jolloin seinään joudutaan suunnittelemaan pilasteri palkin pään kohdalle. Yläpuolella palkin kohdalla oleva samansuuntainen seinä pitää suunnitella seinämäisenä palkkina, jotta seinä kestäisi palkin taipumisen aiheuttamat rasitukset. (RT 82-10821. 2004, 3.) Eräs betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen ensimmäisessä kerroksessa käytettävä palkkityyppi on deltapalkki, jota seuraava kuvio esittää.



Kuvio 5. Deltapalkki, copyright Peikko Group Oy (Sjöstedt 2016)

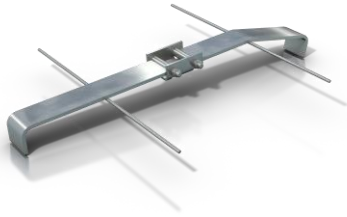
Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjastoon sisällytettiin kaksi deltapalkin liitosdetaljia. Toisessa piirustuksessa deltapalkki liittyy ei-kantavan ulkoseinän pilasterin yläpäähän ja toisessa detaljissa alalaipastaan ontelolaatta välipohjaan ja ylälaipastaan seinämäiseksi palkiksi mitoitettuun kantavaan väliseinään.

4.4.4 Porrashuoneet ja hissikuilut

Betonielementtejä käytetään usein myös porrashuoneiden ja hissikuilujen seinissä. Porrashuoneen syöksy on yleensä vakioitu ja tehtaalla valmistettu. Kahden kerroksen välissä sijaitseva lepotasolaatta on yleensä elementtirakenteinen. Porrashuoneen välipohjaelementit eli kerrostasolaatat ja porrassyöksen lepotasolaatat tuetaan porrashuoneen sisäseiniin. Kerros- ja lepotasolaattojen paksuus on yleensä 260 millimetriä. (RT 82-10821. 2004, 4, 19.)

4.4.5 Parvekkeet

Parvekerakenteet voidaan tukea omaan kantavaan runkoonsa tai ulkoseinäelementtiin. Yleisintä on käyttää rakennuksen ulkopuolisia parvekepieli- tai -pilarielementtejä parvekelaatan kannatteluun. Tällöin parvekerakenteet on sidottava esimerkiksi parvekesaranalla rakennuksen ulkoseinäelementtiin ja välipohjaan, jotta parvekkeeseen kohdistuvat vaakavoimat voivat siirtyä rakennuksen runkoon. Toisaalta rakennusta lähempänä oleva parvekelaatan reuna voidaan kannatella ulkoseinän sisäkuoresta tai välipohjasta. Tuenta ulkoseinän ulkokuoresta on harvinaisempaa mutta täysin mahdollista. Ulokeparvekkeiden tuenta tapahtuu erillisillä ulokeparvekeosilla rakennuksen ulkoseinästä ja välipohjasta. (RT 82-10821. 2004, 5.) Kuviossa on esitettyä eräs parvekesarana.



Kuvio 6. Parvekesarana, copyright Peikko Group Oy (Sjöstedt 2016)

Ulokeparvekkeen aiheuttamat tukireaktiot ovat pysty- ja vaakavoima sekä momentti. Välipohjalaatasto ottaa vastaan momentin, minkä vuoksi ainakin reunimmaisena laattana on käytettävä pintavalettavaa, ansaallista kuorilaattaa. Pituus- ja poikittais-suuntaiset vääntömomentit ottaa vastaan kuorilaatan pintavalun yläpinnan raudoitukset, jotka sidotaan viereiseen ontelolaattaan. Ulokeparvekkeeseen kohdistuvat pystyvoimat siirtyvät suoraan alapuolella olevalle ulkoseinälle. Vaakavoimat siirtyvät ulkoseinien ja välipohjan välityksellä muille jäykistäville rakenneosille. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 39.)

Suunnittelun kannalta on tärkeää huomioida mahdolliset erot rakennuksen ja parvekerakenteiden lämpölaajenemisessa sekä törmäyskuormat mitoitettaessa ajoteiden lähellä sijaitsevien parvekkeiden pystyrakenteita. Parvekelaatat ovat yleensä 220 tai 240 millimetriä paksuja. (RT 82-10821. 2004, 5, 19.)

Parvekerakenteiden suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota parvekkeiden vedenpoistoon, kallistuksiin, parvekerakenteiden ja ulkoseinän välisiin liitoksiin sekä parvekerakenteiden ja parvekeoven välisiin liitoksiin. Esteettömyysvaatimukset vaikuttavat parvekelaatan ja välipohjan yläpintojen välisen korkeuseron suuruuteen.

4.4.6 Kellarit ja väestönsuojat

Väestönsuojat on mahdollista rakentaa elementtirakenteiseen asuinrakennukseen joko paikallavalettuna tai betonielementeistä tehtynä. Runkovaiheen rakentaminen nopeutuu, kun käytetään elementtejä. Tällöin väestönsuojaratkaisu on vaivattomasti

yhdistettävissä muihin runkotoimituksiin. Paikallavalujen tekeminen aiheuttaa aika-tauluihin viiveitä, ennalta arvaamattomia ongelmia sekä turhia riskejä talviaikana rakennettaessa. Suomessa on saatavilla useita erilaisia ratkaisuja elementtiväestönsuojien rakentamista varten. (BY 201. 2009, 450; RT 82-10821. 2004, 5.)

Kellarin seinät toimivat yleensä jäykistävinä rakenteina, ja lisäksi sen ulkoseiniin kohdistuu usein maanpaine. Kellarin seinien paksuuden suositellaankin olevan 150, 180, 200 tai 240 millimetriä. (RT 82-10821. 2004, 17.)

4.4.7 Märkätilat

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen märkätilat tehdään paikallarakennettuina tai valmiista tilaelementeistä. Kylpyhuone, pesuhuone, sauna ja wc voidaan tehdä märkätilaelementteinä, jolloin niiden valmistus tapahtuu tehtaassa, jossa siihen asennetaan valmiiksi lämpö-, vesi-, ilmastointi- ja sähköasennukset. (RT 82-10821. 2004, 5.)

Kololaatta on ontelolaattaan perustuva välipohjalaatta, johon tilaelementti tai märkätilan lattiaelementti asennetaan. Viimeksi mainittu on tehdasvalmisteinen vesi- ja viemärijohdot sisältävä lattia-laatta. (Mts. 5.)

Paikallarakennettaessa on suositeltavaa tehdä viemärihaaroitukset etukäteen asennuspiirustusta apuna käyttäen. Tällöin viemäröinnit voidaan asentaa heti ontelolaattojen asennuksen jälkeen, jolloin tarvittavat valutkin voidaan suorittaa esimerkiksi laatastojen saumavalujen yhteydessä. (Mts. 5.)

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena syntynyt betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjasto ei sisällä märkätiloihin liittyviä liitosdetaljeja.

4.5 Liitokset

4.5.1 Yleistä

Betonielementtien väliset hyvin suunnitellut ja toteutetut liitokset ovat edellytyksenä rakennusrungon

- vakavuudelle
- kuormankantokyvylle
- tiiviydelle
- palonkestävyydelle ja
- ääneneristävyydelle (Betonielementtien saumavalut 2002, 3).

Hyvä liitos edellyttää onnistunutta saumausta. Betonielementtien väliset saumat tehdään juotosvaluilla, joten niiden onnistumisella on suuri merkitys sauman ja koko liitoksen toiminnan kannalta. (Mts. 3.)

4.5.2 Saumaus

Yleistä

Betonielementtien saumavalut (2002) on opas, jonka tarkoituksena on kehittää elementtisaumaustyötä teknisesti ja taloudellisesti laadukkaammaksi. Ohjeessa otetaan kantaa hyvään saumaustyötapaan ja saumausbetonin valintaan eri olosuhteissa.

Opas ja sen jatkuva päivittäminen ovat tarpeen, koska työtekniikat ja määräykset uudistuvat jatkuvasti. Työnjohdon osaamisella ja valvonnalla on suuri merkitys liitosten onnistumisen kannalta. (Mts. 5.)

Saumaustyön vaatimukset

Betonielementtien välisille saumoille asetettuja vaatimuksia ovat

- kantavien rakenteiden lujuusvaatimukset
- osastoivien rakenteiden tiiviysvaatimukset
 - palo-osastointi
 - ääneneristys
 - lämmön, kosteuden ja hajujen eristäminen sekä
- ulkonäkövaatimukset (mts. 5).

Useissa tapauksissa liitoksen on pystyttävä siirtämään kuormia. Tähän on kiinnitettävä huomiota erityisesti talviaikana rakennettaessa, koska kylmällä säällä saumauksessa käytettävän juotosbetonin lujuudenkehitys on hitaampaa. Saumausbetonin on saavutettava riittävä lujuus, ennen kuin liitos voi alkaa siirtää kuormia. Lujuudenkehittymisen seuranta on erityisen tärkeää, kun saumattujen rakenteiden tukia ollaan poistamassa saumaustyön jälkeen. Tarvittaessa rakennesuunnittelija ilmoittaa liitoksen lujuusvaatimukset tukien poistamiselle ja muille työvaiheille. (Mts. 5.)

Palo-osastointi, ääneneristys sekä lämmön, kosteuden ja hajujen eristäminen rakennuksen tilojen välillä ovat sauman osastoivia ominaisuuksia. Lisäksi sauma suojaa teräksiä korroosioaurioilta. Sauman koko ja erityisesti tiiveys ovat merkittävimpiä tekijöitä kaikkien edellä mainittujen liitoksen ominaisuuksien saavuttamisessa. Ulkonäöltään saumojen tulee olla kelpollisia. (Mts. 5.)

Epäonnistunut saumaus aiheuttaa liitokseen kantavuus-, vakavuus-, palo- ja ääneneristysongelmia, teräsosien huonon korroosiosuojauksen ja heikon tartunnan juotosbetoniin sekä kalliita korjauksia (mts. 5).

Saumojen lujuudenkehitys

Saumausvalut ovat tahdistavia työvaiheita rakennustyömaan aikataulusuunnittelussa, koska juotosbetonin lujuudenkehitys vaikuttaa rakennuksen rungon ylempien kerrosten rakentamisaikatauluun. Toisaalta saumausaine voidaan valita valmistajan lujuudenkehitystietojen perusteella siten, että saumaustyö saadaan tehtyä aikataulun sallimissa rajoissa. Talvella valettuja saumoja voidaan lämmittää, jotta saumausbetoni ei jäätyisi, ja sen lujuudenkehittyminen olisi nopeampaa. (Mts. 5–7.)

Saumauksen valmistelevat työt

Betoni tarttuu parhaiten puhtaisiin pintoihin, joten tarvittaessa niihin kertynyt lumi ja roskat on poistettava ennen saumavaluja. Sauma saa olla hieman kostunut ennen valua, mutta märkä se ei saa olla. Saumojen puhdistaminen on aikaa vievää ja kallista, joten niiden betonointi pyritään tekemään välittömästi sen jälkeen, kun kaikki elementit on asennettu paikoilleen. (Mts. 5, 7.)

Talvella koko ontelolaatasto tai vähintään sen saumat suojataan lumelta, jos juotosvaluja ei päästä tekemään heti. Suojausvälineiden ja lämmityslaitteiston on siis oltava

hankittuna ja käyttövalmiina. Pakkasbetonin käyttäminen ei takaa saumojen riittävää lujuudenkehitystä. Myös saumojen lämpötilan- ja lujuudenseurantaan on osattava varautua. (Mts. 5–7.)

Ontelolaataston saumaus

Välipohjissa onnistuneita saumavaluja vaaditaan rakenteellisista ja ääniteknisistä syistä. Asuinrakennuksen välipohjien tulee toimia levymäisinä jäykisteinä, jotta vaakavoimat voidaan siirtää jäykistäville rakenneosille. Ontelolaatasto sidotaan yhtenäiseksi ja jäykäksi levyrakenteeksi rengasraudoituksen, saumausraudoitusten ja saumausbetonin avulla. Vähäisinkin aukko elementtisaumassa huonontaa ääneneristävyyttä, joten juotosvalujen onnistuminen on tärkeää myös tästä syystä. (Mts. 7.)

Työmaalla kaikki yhden kerroksen ontelolaatat pyritään nostamaan paikoilleen, jotta saumat voidaan tehdä kerralla. Tämä edellyttää myös muiden kyseisen holvin valutöihin liittyvien rakenneosien sijoittamista paikoilleen. Kaikkien betonointitöiden tekeminen yhtäjaksoisesti edistää työmaan ajallisia, taloudellisia ja laadullisia tavoitteita. (Mts. 7.)

Rakennesuunnittelija suunnittelee ontelolaataston saumaraudoitteet, joiden on mahdollista niille varattuun tilaan eli kahden ontelolaatan väliseen saumaan ja ontelolaatan päätysaumaan. Lisäksi sauma on pystyttävä betonoimaan ja tiivistämään huolellisesti. Raudoitteet sijoitetaan ontelolaatan korkeuden puolivälin alapuolelle, mutta ei kuitenkaan sauman pohjalle, vaan asennusvälikkeitä käyttäen hieman pohjan yläpuolelle riittävän tartunnan varmistamiseksi. Myös rengasterästen ankkuroinnista on huolehdittava. (Mts. 8.)

Sähköputket asennetaan sähkösuunnitelmien mukaan. Ensisijaisesti ne asennetaan ontelolaattojen onteloihin. Rakennesuunnittelija voi sallia sähköputkien asentamisen ontelolaattojen saumoihin, jolloin yhteen saumaan saa asentaa korkeintaan kolme sähköputkea päällekkäin. Ontelolaattojen päät voidaan puhkaista, jolloin sähköputket voidaan asentaa syntyneeseen SUR-uraan, mutta ei kuitenkaan ulko- tai väliseinäelementin alapuolelle vaan viereen. Syntynyt ura betonoidaan saumavalujen yhteydessä. (Mts. 8.)

Seinäelementtien saumaus

Seinäelementtien pystysaumoissa käytetään vaijerilenkkejä, joiden läpi pujotetaan pystyraudoite. Pystysaumat voidaan valaa kahdella tekniikalla. Sauma voidaan peittää tukelaudoituksella, minkä jälkeen se valetaan juoksevalla saumabetonilla päältä päin. Tämän jälkeen sauma viimeistellään. Vaihtoehtoisesti betonointi voidaan tehdä sauman sivulta pystysaumapumppauksella, jolloin käytetään hyvin tarttuvaa ja valumattomia erikoismassoja. Molemmilta puolilta avoimen sauman kapeammalle puolelle asennetaan tällöin muottilauta, joka poistetaan massan sitoutumisen alettua. Sauman leveämmän puolen leveyden on oltava 30–50 millimetriä, jotta pystysaumapumppaus voidaan suorittaa. Sauman on täytyttävä kauttaaltaan, mutta juotosvalu ei saa kuitenkaan jäädä pinnastaan koholle. (Mts. 16.)

4.6 Liitososat

Luvussa esitellään joitakin tärkeimpiä betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljikirjaston liitoksissa käytettyjä liitososia ja tarvikkeita.

Asennuspalat

Asennustyössä käytettävillä asennuspaloilla täytyy olla suunnittelutyössä käytettyjä arvoja vastaavat lujuus- ja kimmo-ominaisuudet (SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC 2015, 174; RIL 202-2011/BY 61, 87). Asennuspalat voivat olla muovia tai terästä. Muovisia asennuspaloja voidaan käyttää kevyiden elementtien ja ontelolaattojen asennuksessa. Teräksisiä asennuspaloja käytetään, kun elementit ovat raskaita tai kuormat suuria. Niitä kannattaa käyttää esimerkiksi kantavien ulkoseinäelementtien asennuksessa.

Kiinnityslevyt

Kiinnityslevyjä käytetään teräs- ja betonirakenteiden välisissä hitsausliitoksissa. Kiinnityslevyjen tyssätyt ankkurit on kiinnitetty kohtisuorasti teräslevyn toiselle puolelle. Ankkurit välittävät teräslevyyn kohdistuvat momentin ja normaalivoiman vetovoimat sekä leikkausvoiman betonille, teräslevy siirtää puolestaan puristusvoimat. Elementtitehtaassa kiinnityslevy asennetaan betonielementtiin siten, että ankkurit jäävät va-

luun ja teräslevy valun pintaan. Työmaalla betonielementin pinnassa olevaan kiinnityslevyyn voidaan hitsata jokin teräsrakenne kuten latta tai putkiprofiili. (Kiinnityslevyt 2013, 4, 27; Welda-kiinnityslevyt 2015, 2, 4, 20.)

Jos kiinnityslevy on alttiina kosteusrasitukselle, se on suojattava riittävällä pintakäsittelyllä tai betonipeitteellä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettua kiinnityslevyä. (Kiinnityslevyt 2013, 12; Welda-kiinnityslevyt 2015, 5.) Kuviossa on esitettyä eräs kiinnityslevy.



Kuvio 7. Kiinnityslevy, copyright Peikko Group Oy (Sjöstedt 2016)

Rengasteräket

Rengasraudoituksen on kestävä vähintään 70 kilonewtonin (kN) kuorma, mutta kuorman suuruus on määritettävä myös laskennallisesti eurokoodistandardin mukaisesti. Rengasterästen halkaisija ja lukumäärä määritetään vähimmäiskuorman tai laskennallisen kuorman perusteella sen mukaan, kumpi niistä on suurempi. Vähimmäiskestävyys (70 kN) saavutetaan käyttämällä raudoituksena esimerkiksi 2 Ø 10 mm A500HW -harjateräksiä. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 57.)

Saumanauhat

Saumanauhan tärkein tehtävä on elementtien välisen sauman täyttäminen koko pituudeltaan mahdollisimman tiiviisti. Lisäksi sen tulee puristua tiiviisti elementtien pintoja vasten. Saumanauhana voidaan käyttää paisuvia solumuovi- ja solukuminauhoja. Saumavaahdoilta ja tiivistysmassoilta vaaditaan liimautuvuutta raon pintoihin.

Saumamateriaalinen on oltava pitkäaikaiskestäviä, niiden pitää kestää saumoissa tapahtuvat muodonmuutokset, ja lisäksi niiden täytyy olla testattuja. (RIL 107-2012, 2013, 45.)

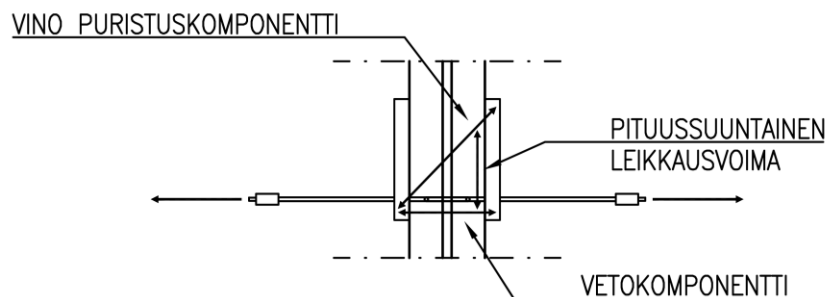
Saumateräs, vaakateräs ontelolaattojen välissä

Saumateräksiltä edellytetään vähintään 70 kN kestävyyttä, jolloin minimiraudoituksena voidaan käyttää esimerkiksi 2 Ø 10 mm A500HW -harjateräksiä. Tankojen laskennallinen määrä on myös tarkistettava, jolloin rauditus valitaan suuremman poikkipinta-alan mukaan. Saumaraudoituksena ei suositella käytettävän yli 16 millimetriä paksuja tankoja. Teräksen pituuteen vaikuttavat ankkurointipituus ja sauman leveys. Ankkurointipituus on laskettava olettamalla saumateräksen tartuntaolosuhteet huonoiksi, koska terästen tarttuvuus voi vaihdella tai olla huono vaikeasti betonoitavassa kapeassa saumassa. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 57.)

Vaijerilenkit

Vaijerilenkkejä käytetään betonielementtien liittämiseksi toisiinsa. Lisäksi liitoksessa tarvitaan betonivaarvoja ja saumavalua. Kuormitusilanteessa kahden elementin välisessä liitoksessa vaikuttaa kaksi leikkausvoimaa ja yksi normaalivoima. Leikkausvoimista toinen on sauman pituussuuntainen ja toinen kohtisuorassa saumaa vastaan. Normaalivoima on vetävä voima. (Vaijerilenkit 2012.)

Seuraavassa kuviossa on esitetty kahden elementin välissä oleva vaijerilenkkiliitos ja siinä vaikuttavat voimakomponentit.



Kuvio 8. Vaijerilenkkiliitoksen toiminta (Vaijerilenkit 2012, muokattu)

Vaijerilenkit, betonielementtien väliset vaarnat ja saumabetoni ottavat vastaan molemmat edellä mainitut leikkausvoimat. Vaijerilenkki asennetaan elementtiin elementtitehtaalla. Kuviossa näkyvät vaijerilenkin osat eli vaijerilenkkikotelo ja itse vaijerilenkki, joka asennustilanteessa käännetään vaakatasoon. (Mt.)



Kuvio 9. Vaijerilenkki, copyright Peikko Group Oy (Sjöstedt 2016)

Sauman pituussuuntaisesta leikkausvoimasta muodostuu kaksi voimakomponenttia. Yksi leikkausvoiman voimakomponentti muodostuu vinoksi puristusvoimaksi kahden elementin samalla korkeudella sijaitsevien vaijerilenkkikoteloiden vastakkaisten eli ylä- ja alareunojen välille. (Mt.)

Toisesta leikkausvoiman voimakomponentista muodostuu vetokomponentti elementtien välille, jolloin toisen elementin vaijerilenkissä vaikuttava vetävä voima muuttuu puristukseksi saumabetonissa ja -teräksessä. Puristus muuttuu vedoksi siirtyessään saumabetonista toiselle vaijerilenkille ja sitä kautta edelleen toiselle elementille. Voimakomponenttien syntyminen edellyttää liitoksessa tapahtuvaa muodonmuutosta, ja se voi näkyä sauman halkeiluna. (Mt.)

Alimmainen vaijerilenkki tulee asentaa vähintään 600 millimetrin korkeudelle elementin alareunasta. Loput asennetaan valitun k-jaon mukaisesti. Yleisimpiä seinäkorkuuksia käytettäessä vaijerilenkkejä tarvitaan yleensä 3–4 kappaletta yhden elementin yhteen saumaan. Lenkkien väliin tulevan saumateräksen on oltava halkaisijaltaan

vähintään 12 millimetrinen harjateräs, jos käytetään vaijerilenkkiä, joka tulee ulos elementin pinnasta 80, 100 tai 120 millimetriä. Saumateräkseksi tulee valita vähintään 16 millimetrin harjateräs, jos käytetään 140 millimetrin vaijerilenkkiä. (Mt.)

Työmaalla vaijerilenkin lenkkiosat taivutetaan kohtisuoriksi saumojen vastaan. Lisäksi vierekkäisten seinäelementtien vaijerilenkkien väliin pujotetaan saumateräs. Tämän jälkeen seinäelementtien välinen sauma valetaan umpeen. (Mt.)

Suunnittelijan tehtävänä on valita liitokseen sopiva vaijerilenkki, määrittää k-jako ja suunnitella vaijerilenkin vaakasijainti saumassa kuormien, liitostavan sekä liitettävien elementtien paksuuden ja vaarnamuotojen perusteella.

5 Vakioliitosdetaljikirjaston laatiminen

5.1 Työn aloitus

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin kesäkuussa 2015. Tarvittava työtila järjestyi Sweco Rakennetekniikka Oy:n Jyväskylän toimipisteestä. Lisäksi yritys antoi kannettavan tietokoneen oheislaitteineen ja ohjelmistoineen käytettäväksi vakioliitosdetaljikirjaston piirtämiseksi ja koostamiseksi.

Detaljipiirustusten käsittelyyn käytettiin alussa Autodesk AutoCAD-ohjelman versiota 2011, mutta se päivitettiin työn edetessä versioon 2015. Ohjelman yhteyteen oli asennettu ArkSystems Oy:n RAK-rakennesuunnittelujärjestelmä, Anstar AutoCAD-Symbolikirjasto (Symbol Library) ja Semtu ACAD-menu. Myöhemmin tietokoneeseen asennettiin Peikko Toolbox add-on for Revit & AutoCAD. Lisäksi Anstar AutoCAD Symbol Library ja Semtu ACAD-menu päivitettiin uusimpiin versioihinsa.

ArkSystemsin RAK-suunnittelujärjestelmä on AutoCADin lisäosa, joka on tarkoitettu rakennesuunnittelun helpottamiseksi. Sitä voidaan käyttää tasokuvien, leikkausten ja detaljien piirtämisessä. RAK-järjestelmän avulla mitoitus, rakenteiden piirtäminen ja symbolien lisääminen onnistuvat nopeasti AutoCADissa. RAK-järjestelmän asentaminen integroi AutoCADiin valikoita ja painikkeita, joita käyttämällä ohjelma kysyy käyttäjältä tarvittavat parametrit ja luo annettujen arvojen perusteella vastaavat objektit CAD-piirustukseen. (RAK n.d.)

RAK-suunnittelujärjestelmää käytettiin muun muassa ruuvien, naulojen, puutavaran ja raudoitusten piirtämiseen sekä eristemateriaaleja kuvaavien tekstuurien lisäämiseen betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksiin.

Peikko Toolbox add-on, Anstar AutoCAD-Symbolikirjasto ja Semtu ACAD-menu ovat CAD-kirjastoja, joilla Peikon, Anstarin ja Semtun valmistamia rakennustuotteita kuvaavia piirustusobjekteja, *blokkeja*, voidaan helposti lisätä rakennepiirustuksissa käytettäväksi. Valmistajien omia blokkeja käytettiin piirustuksissa, joissa tarvittiin val-

miita objekteja kuvaamaan deltapalkkeja, parvekesaranoita, tartuntalevyjä, seinäkenkiä, ruuveja ja muutamia muita kiinnitysosia. Schöck-ulokeparvekeosia kuvaavat blokit haettiin valmistajan omilta kotisivuilta. Vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksissa käytettyjä toimeksiantajan omia piirustusobjekteja olivat muun muassa vaijerilenkit ja valuankkurit.

RAK-järjestelmän, tuotevalmistajien ja toimeksiantajan piirustusobjektien käyttäminen edisti omalta osaltaan yhdenmukaisen ulkoasun toteuttamisessa jokaisessa vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksessa.

5.2 Käytettävissä olevien detaljien kokoaminen

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin pyytämällä rakennetun tai rakenteilla tai suunnitteilla olevan betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen elementtidetaljit toimeksiantajan Jyväskylän, Oulun ja Helsingin toimipisteiltä. Kohteen täytyi olla tyypillinen betonielementtirakenteinen asuinrakennus, jossa olisi tavanomaisia betonielementtien liitoksia.

Vakiodetaljointityön lähtökohdaksi saatiin kahden kohteen piirustukset Jyväskylästä ja Helsingistä. Oulusta saatiin kokoelma detaljipiirustuksia, joita oli käytetty useassa kohteessa. Työn taustamateriaaliksi hankittiin Elementtisuunnittelu.fi-sivuston ja Parman elementtidetaljit, jotka ovat saatavilla Internetistä.

Opinnäytetyön ensimmäisessä vaiheessa koostettiin piirustuskokoelma, joka sisälsi kaikkien esimerkkikohteiden detaljit. Kustakin liitostyypistä otettiin mukaan vain yksi detalji, jolloin muut samaa asiaa esittäneet piirustukset poistettiin. Lisäksi pakettiin laitettiin kyseisten kohteiden vesikatto-, perustus- ja yleisleikkauspiirustukset, joita olisi voitu tarvittaessa käyttää yksityiskohtaisempien detaljipiirustusten laatimiseen. Tässä vaiheessa noin 40 detaljia käsiteltiin lähelle lopullista ulkoasuaan. Ensimmäisen vaiheen piirustuskokoelmasta pyydettiin kommentteja esimerkkikohteiden valinnassa mukana olleilta suunnittelijoilta.

5.3 Käytettävissä olevien detaljien tarkastelu

Suunnittelijoiden piirustuskokoelmasta antama palaute oli suurimmaksi osaksi yhdenmukaista. Vakioliitosdetaljikirjastoon hyväksyttiin yksimielisesti ulko- ja väliseinien väliset suora-, nurkka- ja t-liitokset. Lisäksi työhön kelpuutettiin ulko- ja väliseinien liitokset ontelolaatta- ja massiivilaattavälipohjiin kantavassa ja ei-kantavassa suunnassa. Parveke-elementtien liitoksista mukaan haluttiin parvekelaatan, parvekepielen ja parvekepilarin väliset liitokset.

Vesikatto- ja perustusleikkaukset päätettiin jättää vakioliitosdetaljikirjaston ulkopuolelle, koska niistä ei ollut olemassa valmiita detaljeja. Lisäksi todettiin, että vesikatto- ja perustusdetaljeja ei kannata alkaa tässä yhteydessä tehdä, koska edellä mainittujen rakennusosien liitokset vievät niin paljon tilaa, että ne eivät välttämättä olisi mahduneet A4-paperiarkille. Vesikatto- ja perustusleikkauksista voitaisiin toki tehdä leikkauspiirustusten yksityiskohtia havainnollistavia detaljipiirustuksia, mutta varsinaisia liitosdetaljeja ei alettu tämän opinnäytetyön yhteydessä laatimaan.

Todettakoon kuitenkin, että Elementtisuunnittelu.fi-palvelun detaljeissa on myös vesikatto- ja perustusdetaljeja, joissa itse piirustus on esitetty yhdellä sivulla ja siihen liittyvät tekstit toisella sivulla. Edellä mainittujen piirustusten perusteella voidaan sanoa, että vesikaton ja perustusten liitosdetaljien piirtäminen A4-kokoon olisi edellyttänyt tehokasta tilankäyttöä, mikä olisi saattanut tehdä hankalaksi niiden muokkauksen jälkikäteen. Kahta olemassa olevaa ja valmista A4-kokoista perustusdetaljia ja yhtä vesikattodetaljia lukuun ottamatta vesikatto- ja perustusleikkaukset sekä niitä koskevat detaljit päätettiin jättää tämän työn ulkopuolelle.

Eristerapattujen ulkoseinien detaljien mukaan ottaminen olisi edellyttänyt rappaus-tekniikan valintaa ja kyseisen rappautoimittajan detaljien tietojen yhdistämistä toimeksiantajan piirustuksiin. Tässä vaiheessa sovittiin, että eristerapattujen detaljien mukaan ottamisesta päätettäisiin vasta myöhemmin.

Tietyt liitososat detaljeissa aiheuttivat jonkin verran eriäviä mielipiteitä. Osa suunnittelijoista piti rengasteräksen asentamista ulkoseinän sidonnassa käytettävään PASI-lenkkiin liian työläänä työmaalla tehtäväksi, joten kyseistä liitosta kuvaavat piirustukset jätettiin vakioliitosdetaljikirjastosta pois.

Muutammat suunnittelijat kertoivat käyttävänsä seinäkenkäliitoksia hyvin harvoin asuinrakennusten yhteydessä, mutta osa oli sitä mieltä, että niitä tarvitaan silloin tällöin. Joitakin olemassa olevia seinäkenkäliitosdetaljeja päätettiin ottaa mukaan vakioliitosdetaljikirjastoon.

Jotkut suunnittelijat arvioivat, että karmikenkädetaljeja ei tarvita, koska ikkunat kiinnitetään yleensä jollakin muulla tavalla ulkoseinän ikkuna-aukkoon. Asiaa selvitettiin, ja todettiin, että joissakin toimipisteissä karmikenkiä käytetään. Muutama valmis karmikenkädetalji päätettiin sisällyttää vakioliitosdetaljikirjastoon. Myöhemmin todettiin, että ikkuna on suojattava vedeltä, jota saattaa joutua ulkoseinän eristetilaan ikkunan yläpuolelle. Ensimmäisen vaiheen piirustuskokoelmassa ei ollut ikkunaa koskeudelta suojaavaa detaljia, joten karmikenkädetaljit jätettiin pois.

Lämmöneristysvaatimusten vuoksi betonielementtirakenteisten asuinrakennusten ulkoseinissä käytetään nykyään ikkunoita ja parvekeovia, joiden karmileveys on 210 millimetriä. Sen sijaan 170 millimetriä leveiden ikkuna- ja ovikarmien liitosdetaljien tarpeellisuudesta keskusteltiin toimeksiantajan suunnittelijoiden kanssa. Asiassa konsultoitiin lisäksi erästä rakennusliikettä, josta todettiin, että kyseisen karmileveyden ikkunoita ja ovia tulee rakennuskohteisiin hyvin vähän. Syyksi ilmoitettiin asia, joka jo edellä mainittiin, eli jatkuvasti kiristyvät lämmöneristävyysvaatimukset. Vakioliitosdetaljikirjastoon päätettiin kuitenkin sisällyttää kaksi ikkunakarmin liitosta. Toisessa detaljissa ikkuna, jonka karmileveys on 210 millimetriä, liittyy sandwich-elementtiin, jossa on mineraalivillaeriste. Toisessa detaljissa karmileveydeltään 170 millimetrinen ikkuna liittyy kovalla levyeristeellä varustettuun sandwich-elementtiin.

Myös rakenneosien asennusturvallisuuteen kiinnitettiin huomiota. Työmaalla käytetään seinäelementtien asentamisen yhteydessä asennustukia eli tönäreitä, jotka pitävät seinät pystyssä ja oikeassa asennossa saumavalujen kovettumiseen ja lopulliseen jäykistämiseen asti. Asennusturvallisuus ei välttämättä tule huomioiduksi monissa muissa asennuksissa, joten esimerkiksi parvekerakenteiden liitosdetaljeissa muistutettiin asennustukien käyttämisestä. Lisäksi esimerkiksi parvekepilarin alaosan sivuttaissiirtyminen asennustilanteessa saattaa aiheuttaa vaaratilanteita. Tämän vuoksi parvekepilarin alapään liikkuminen haluttiin estää tekemällä rakenteellinen muutos pilarin alapään ja parvekelaatan liitokseen.

Asennusaikainen tilanne huomioitiin myös esimerkiksi kellarin seinän ulkokuorielementtien asennuksessa. Kyseisessä detaljissa kuorielementti asennetaan suojaamaan kellarin maanpaineisinän eristettä. Kuorielementti ulottuu vain joitakin kymmeniä senttimetrejä maanpinnan alapuolelle, joten se asennetaan maanpaineisistä eristeen läpi tulevien teräskannattimien varaan. Asennustilanteessa ennen lopullista kiinnittämistä elementti saattaa liukua ja pudota kannattimien päältä. Työturvallisuus haluttiin huomioida, joten liitoksen kannattimen rakenteeseen tehtiin muutos, joka estää elementin putoamisen asennustilanteessa.

5.4 Detaljien työstäminen

Yleistä

Vakioliitosdetaljikirjaston alustava runko laadittiin valitsemalla ja koostamalla sopivat detaljit olemassa olevien piirustusten kokoelmasta suunnittelijoiden antaman palautteen perusteella. Piirustuksia tutkittaessa huomattiin, että joissakin detaljeissa samat asiat oli esitetty eri tavoilla. Lisäksi rakenneosien mitat olivat joissakin piirustuksissa epätarkkoja.

Piirustuksissa olleiden epätarkkuuksien poistamiseksi ja yhdenmukaisen ilmeen toteuttamiseksi kaikki detaljit päätettiin piirtää uudestaan. Piirustukset käsiteltiin vastaamaan toimeksiantajan detaljityyliä, joka on ”RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa” -ohjeen mukainen. Piirustusten pohjalle kopioitiin toimeksiantajan A4-detaljipohja, joka määrittää piirustusten raamit ja nimiön. Halli- ja toimistorakennusten vakioliitosdetaljit sekä suurin osa esimerkkikohteiden detaljeista oli mitattaavassa 1:10, joka vaikutti riittävältä tarkkuudelta liitosten yksityiskohtien esittämiseen. Tämän vuoksi samaa mittakaavaa päätettiin käyttää myös betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljeissa.

Esimerkkikohteiden piirustuksia tutkittaessa todettiin, että sokkelielementtien liitosdetaljeja oli liian vähän. Lisäksi olemassa olevissa detaljeissa oli joitakin liitoksia, jotka eivät täyttäneet esimerkiksi vakioliitosdetaljeille asetettuja taloudellisuuteen ja asennusturvallisuuteen liittyviä ehtoja. Detaljipiirustusten määrää lisättiinkin siten, että

Jyväskylästä saatiin vielä kahden ja Helsingistä yhden kohteen piirustukset. Lisäksi puutteellisille detaljeille etsittiin vaihtoehtoiset ratkaisut.

Detalji- ja rakennepiirustusten yleiset ohjeet

Detalji- ja rakennepiirustusten laatimisessa voidaan noudattaa Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjetta ”RIL 229-1-2013 Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa”. Ohjeessa on huomioitu lait, määräykset ja standardit, ajankohtaiset ja yleiset suunnitteluohjeet sekä hyvä rakentamistapa (RIL 229-1-2013, 3, 9). Edellä mainittua RIL-ohjetta käytettiin vakioliitosdetaljikirjaston piirustusten laadinnassa.

Detaljipiirustuksen tarkoitus on selventää taso-, leikkaus-, rakenneosaj- ja osapiirustusten yksityiskohtia. Siinä voidaan esittää liitoksia, raudoituksia sekä lämpö-, kosteus- ja ääneneristysyksityiskohtia. Jokainen edellä mainituista muodostaa oman detaljipiirustustyyppin. Erillisten piirustusten lisäksi yksittäisiä detaljeja voidaan esittää myös leikkaus- ja rakennusosapiirustusten yhteydessä. (RIL 229-1-2013, 109, 133, 143.)

Detaljipiirroksia laaditaan mittakaavassa 1:10, mutta myös mittakaavoja 1:5 ja 1:20 voidaan käyttää tarpeen mukaan. Erilliset detaljipiirustukset laaditaan A4-kokoisille paperiarkeille, jotka niputetaan ja varustetaan lopuksi kansilehdellä. Tekstiosassa esitetään detaljin materiaalit ja tarvikkeet. (RIL 229-1-2013, 152.)

Yleisesti detaljissa ilmoitetaan

- projektin yksilöintitiedot
- detaljin tunniste
- detaljipiirros
- materiaalit ja tarvikkeet
- muut vaatimukset, kuten erikoismateriaalit, sekä
- asennusohjeet (RIL 229-1-2013, 152).

Seuraavassa kuviossa on esitetty vakioliitosdetaljikirjaston laadinnassa käytetty detaljipohja. Nimiötiedot merkittiin piirustuksen yläosaan, detalji piirrettiin keskelle ja liitokseen liittyvät materiaalimerkinnot ilmoitettiin kuvion alaosaan.

		DETALJIN TUNNUS
PROJEKTIN TIEDOT	SISÄLTÖ	
<div style="border: 1px solid black; height: 200px; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 5px; left: 5px;">KUVA</div> <div style="position: absolute; bottom: 5px; left: 5px;">TEKSTI</div> </div>		

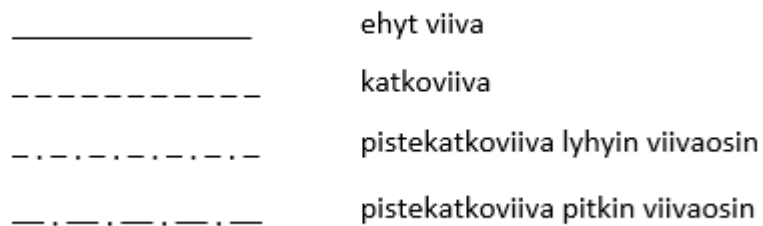
Kuvio 10. Vakiodeltaljeissa käytetty piirustusohja

Liitosdetaljissa ilmoitetaan muun muassa käytettävä saumausbetoni, raudoitus ja liitososat. Teräs- ja liitososista kerrotaan mitta-, määrä- ja laatu-tiedot. Tarkemmat saumaraudoitustiedot esitetään raudoituspiirustuksissa ja saumaraudoitusdetaljeissa. (RIL 229-1-2013, 133.)

Vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksissa ilmoitettiin edellä mainitut tiedot. Myös muut raudoitukset, kuten sauma- ja rengasraudoitukset, merkittiin detaljeihin. Niiden yhteyteen laitettiin selite, jossa kerrottiin tarkempien raudoitustietojen löytyvän erillisistä suunnitelmista.

Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeessa (2013) piirustusten tekstin suositellaan noudattavan standardia SFS 4730 ja ohjetta ”RT 15-10635 Esitystapaohjeet. Rakennuspiirustukset”. Tekstin pienten kirjainten korkeuden suositellaan olevan vähintään 2,5 millimetriä, isojen kirjainten ja numeroiden 3,5 millimetriä sekä rakenneosien ja leikkausten numero- ja kirjaintunnusten 5 millimetriä. (RIL 229-1-2013, 76.) Vakioliitosdetaljeissa käytettiin edellä mainittuja kirjainkorkeuksia.

Rakennepiirustuksissa käytetään standardin ISO 128-20 tai ohjeen RT 15-10635 mukaisia viivatyyppejä (RIL 229-1-2013, 77). Vakioliitosdetaljeissa käytetyt rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen mukaiset viivatyytit on esitetty seuraavassa kuviossa, jossa ylhäältä alaspäin lueteltuina ovat ehyt viiva, katkoviiva, pistekatkoviiva lyhyin viivaosin ja pistekatkoviiva pitkin viivaosin.



Kuvio 11. Vakioliitosdetaljeissa käytetyt viivatyytit

Vakioliitosdetaljeissa edellä mainittuja viivatyyppejä käytettiin rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen mukaisesti. Rakennepiirustuksissa ehyellä viivalla esitetään näkyvän pinnan ja leikkauspinnan ääri viivoja ja eri osien rajaviivoja sekä mitta- ja mitta-apuviivoja. Katkoviivalla kuvataan näkyvien pintojen takana olevien pintojen ääri viivoja ja eri osien rajaviivoja. Pistekatkoviivaa lyhyin viivaosin käytetään leikkaustason etu- ja yläpuolella olevien pintojen ääri viivojen ja eri osien rajaviivojen kuvaamiseen. Pistekatkoviivaa pitkin viivaosin käytetään kuvausalueen rajausviivoina, mutta niitä voidaan käyttää myös keskiviivoina ja symmetria-akseleina sekä moduulilinjojen esittämiseen. (RIL 229-1-2013, 77–78.) Kaksipistekatkoviivaa, pisteviivaa ja paksua ehyttä viivaa ei vakioliitosdetaljeissa ollut tarpeen käyttää.

Rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen mukaiset viivapaksuudet ovat seuraavat: ohut viiva 0,25 millimetriä, keskipaksu viiva 0,35 millimetriä ja paksu viiva 0,5 millimetriä. Mitta- ja apuviivat sekä vähäpätöiset viivat piirretään ohuella viivalla, ääri viivat esitetään yleensä keskipaksulla viivalla ja korostettavat viivat kuvataan paksulla viivalla. (RIL 229-1-2013, 78.)

Vakioliitosdetaljeissa betoniterästen eri teräslajeja merkittiin rakennesuunnittelun asiakirjaohjeen mukaisesti: T = kuumavalssattu harjateräs, K = kylmämuokattu harjateräs ja E = ruostumaton harjateräs. Erillisessä selitetekstissä ilmoitetaan tarkemmin, mitä teräslajeja edellä mainitut kirjaimet esittävät, esimerkiksi T = B500B. (RIL 229-1-2013, 82–83.)

Raudoituksesta ilmoitettavia tietoja ovat

- terästankojen lukumäärä / taivutustyyppi / tunnus
- teräslaji / halkaisija
- katkaisupituus sekä
- keskiöväli (RIL 229-1-2013, 84–85).

Esimerkiksi 2A5-T10-L3000-k200 tarkoittaa sitä, että rakennetta raudoitettaessa siihen laitetaan kaksi suoraa (A) terästä (terästangon tunnus 5), jonka teräslaji on T, halkaisija 10 millimetriä, katkaisupituus 3 000 millimetriä ja keskiöväli 200 millimetriä. Vakioliitosdetaljeihin merkittiin edellä mainitut tiedot, mutta tietojen esitystapaa sovellettiin tilanteeseen sopivaksi. (Ks. RIL 229-1-2013, 82–86.)

5.5 Vakioliitosdetaljien viimeistely

Detaljit viimeisteltiin, kun vakioliitosdetaljikirjaston piirustukset oli piirretty ja sisältö oli lopullisesti selvillä. Liitoksen osista ja kuormista riippumattomat mitat vakioitiin eli yhdenmukaistettiin. Tällöin niille määritettiin ohjeiden mukaiset ja toimeksiantajan suunnittelijoiden hyväksymät lukuarvot, jotka merkittiin detaljeihin ja tekstiosiin.

Piirustuksiin merkittiin vakioituina lukuarvoina muun muassa

- ontelolaatan tukipinnan pituus
- ontelolaatan ylä- ja alapuolisen sauman leveys
- kahden sandwich-elementin välisen sauman leveys sisäkuoren, eristetilan ja ulkokuoren kohdalla
- vaarnamitat
- vaijerilenkkien ja tartuntojen ulostulojen pituudet elementin sivusta tai päästä mitattuina

- tartunnan kolon koko
- liitososan etäisyys elementin sivusta tai päästä sekä
- vähäisiä ja muuttumattomia kuormia siirtävien ruuvi- ja hitsausliitosten tiedot.

Liitoksiin liittyvistä osista ja muuttuvista kuormista johtuvat mitat merkittiin x-kirjaimella.

Piirustuksiin merkittiin x-kirjaimella muun muassa

- rengas- ja saumaraudoitusten tiedot
 - terästen lukumäärät, halkaisijat, pituudet, k-jaot ja jatkospituudet
- vaijerilenkkien k-jaot
- rakenteiden ja rakennekerrosten paksuudet sekä
- merkittäviä ja muuttuvia kuormia siirtävien ruuvi- ja hitsausliitosten tiedot.

Piirustusten tekstit yhdenmukaistettiin siten, että samat materiaalit ja tarvikkeet sekä niiden lisätiedot (lukumäärät, halkaisijat, pituudet, k-jaot ja jatkospituudet) merkittiin jokaiseen detaljiin samalla tavalla. Lopuksi detaljien virheettömyys ja yhdenmukaisuus tarkastettiin, ja lisäksi ne varustettiin kansilehdellä ja kaksisivuisella sisällysluettelolla.

5.6 Vakioliitosdetaljikirjaston hyväksyminen

Betonelementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjasto hyväksyttiin tammikuussa 2016. Detaljit luovutettiin toimeksiantajalle pdf- ja dwg-tiedostomuodoissa. Pdf-tiedosto sisältää ainoastaan asuinrakennuksen detaljit kansilehtineen ja sisällysluetteloineen. Dwg-tiedostossa on asuinrakennuksen vakioliitosdetaljien lisäksi myös toimeksiantajan olemassa olevat halli- ja toimistorakennusten detaljit. Lopuksi vakioliitosdetaljikirjastot laitettiin pdf- ja dwg-muodoissa yrityksen intranettiin yrityksen kaikkien suunnittelijoiden käytettäväksi.

5.7 Laaditut vakiodetaljit

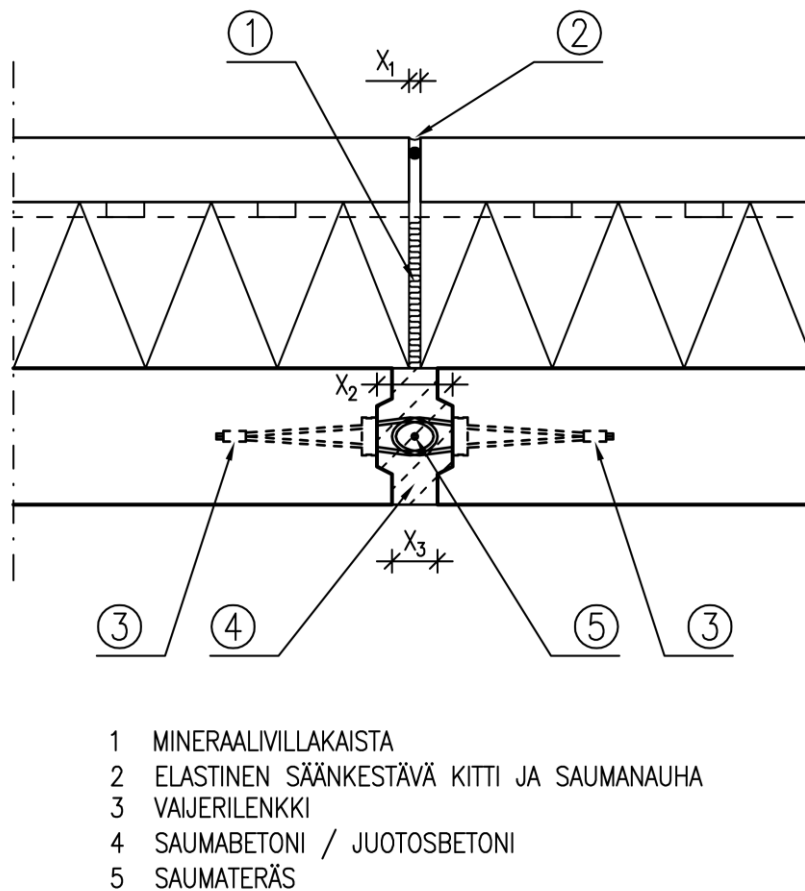
5.7.1 Yleistä

Opinnäytetyön toimeksiantajalle luovutetuissa vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksissa lukuarvoina esitetään vakioidut mitat kuten esimerkiksi saumojen leveydet. X-kirjaimella ilmoitetaan puolestaan liitoksiin liittymättömät, kuormien ja tilanteen mukaan vaihtuvat mitat kuten rakenneosien paksuudet.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyneet vakioliitosdetaljit eivät ole julkisia. Monien liitosten rakenne on kuitenkin yleisesti tiedossa, ja niihin voi tutustua muun muassa Elementtisuunnittelun ja Parman Internet-sivustoilla. Toimeksiantajan kanssa sovittiin, että opinnäytetyön raportissa voidaan esittää muutamia alkuperäisiä vakioliitosdetaljeja vastaavia piirustuksia, jos ne muokataan tähän tarkoitukseen sopiviksi.

Seuraavaksi tarkastellaan joitakin opinnäytetyön aikaansaannoksena syntyneitä liitosdetaljeja. Piirustuksien materiaaliluetteloja on yksinkertaistettu poistamalla ylimääräiset tiedot, vain materiaaleja kuvaavat nimet on säilytetty. Lisäksi alkuperäisten detaljien vakiomittoja kuvataan nyt x-kirjaimella, ja alkujaan x-kirjaimella merkityt mitat on poistettu kokonaan. Piirustukset on piirretty alkuperäisten detaljien tapaan mittakaavassa 1:10.

5.7.2 Sandwich-elementtien liitos



Kuvio 12. Vakiodetalji: Sandwich-elementtien liitos

Kuviossa oleva liitos on kuvattu vaakaleikkauspiirustuksena. Detalji esittää kahden vierekkäisen ja samansuuntaisen sandwich-elementin välistä liitosta suoralla seinän osalla. Rakennuksen ulkopuoli on kuviossa ylhäällä ja sisäpuoli alhaalla.

Kuvion sandwich-elementit ovat ulkoseinäelementtejä, joiden rakennekerrokset ovat ylhäältä alaspäin lueteltuina ei-kantava ulkokuori, lämmöneriste ja kantava sisäkuori. Liitokseen liittyvät osat ovat mineraalivillakaista, elastinen säänkestävä kitti ja saumanauha, vaijerilenkki, saumabetoni/juotosbetoni sekä saumateräs. Rakennesuunnittelija ottaa kantaa kaikkiin liitoksen osiin ja niiden sijoitteluun.

Sandwich-elementin sisäkuori on valmistettu teräsbetonista. Kuviossa näkyvien sandwich-elementtien sisäkuorien päissä on vaarnat, joiden muodot mahdollistavat kohtisuorien vaakaleikkausvoimien siirtymisen puristuksena elementiltä toiselle saumabetonin, vaijerilenkkien ja saumateräksen välityksellä. Myös muita vaarnamuotoja voidaan käyttää. Tällöin on huomioitava, että vaijerilenkin kotelon on mahduttava vaarnaan ja lenkin saumaan. Lisäksi vaarnan leveyteen ja syvyyteen vaikuttavat myös elementtitehtaan käyttämien muottien ominaisuudet, koska muotti voi olla esimerkiksi puutavaraa. Pääsääntöisesti elementtitehtaan pitää pystyä valmistamaan elementit suunnitelmien mukaan. Vaijerilenkin toiminnasta on kerrottu tarkemmin toisaalla tässä opinnäytetyössä.

Kahden sandwich-elementin välisen etäisyyden on oltava riittävän suuri sisäkuoren kohdalla elementin sisäpinnassa. Tämä mahdollistaa elementtien saumauksen pysytsaumapumppauksella. Saumabetonin lujuusluokan on oltava vähintään sama kuin sisäkuoren valmistuksessa käytetyn betonin.

Saumateräksen paksuus vaihtelee kuormien mukaan. Teräksen jatkospituus riippuu teräksen halkaisijan lisäksi betonin lujuusluokasta ja tartuntaolosuhteista, jotka voivat luokituksen mukaan olla joko ”hyvät” tai ”huonot”.

Sandwich-elementin eristeenä käytetään yleensä uritettua lämmöneristettä. Sisäilman vesihöyry saattaa kulkeutua sisäkuoren ja lämmöneristeen läpi ulkokuoren sisäpintaan, jossa se voi sopivissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa tiivistyä vedeksi. Lämmöneristeen uritus luo edellytykset ulkokuoren sisäpinnan tuulettumiselle ja kuivumiselle. Kahden vierekkäisen sandwich-elementin lämmöneristeiden väliin jäävä rako tilkitään mineraalivillakaistalla.

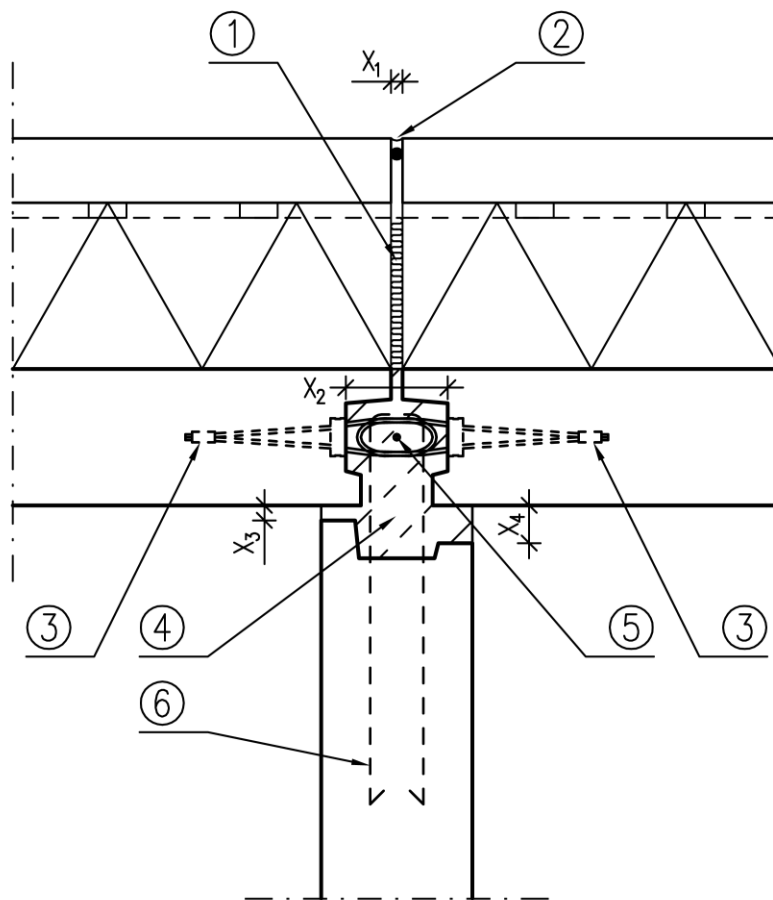
Ulkokuorielementtien välisen raon suuruus sovitaan suunnittelun alkaessa. Elementtien pituus vaikuttaa saumaleveyteen. Toisaalta sauma näkyy valmiin rakennuksen ulkoseinäpinnassa, joten saumaleveys vaikuttaa myös rakennuksen ulkonäköön. Samaa saumaleveyttä pyritäänkin käyttämään rakennuksen kaikkien elementtien välissä saumoissa. Saumaan laitetaan saumanauha ja sen päälle saumausaine eli kitti.

Detaljiin merkitään kuviossa olevien mittojen (merkitty x-kirjaimella) lisäksi vaijerilenkin tyyppi ja lenkin pituus, saumabetonin lujuusluokka sekä saumateräksen teräslaatu, halkaisija ja jatkospituus.

5.7.3 Sandwich-elementtien ja kantavan väliseinän liitos

Väliseinäelementti voi liittyä kantavaan tai ei-kantavaan ulkoseinään. Asuinrakennuksessa kantavat seinät ovat usein poikittain ja ei-kantavat pitkittäin rakennuksen runkoon nähden. Tästä syystä kantava väliseinä liittyy usein ei-kantavaan ulkoseinään.

Väliseinäelementillä voi olla liitos joko yhteen tai kahteen ulkoseinäelementtiin. Ensimmäisessä vaihtoehdossa vaarna tehdään ulkoseinän sisäkuoren sisäpintaan väliseinän pään kohdalle. Tällöin vaijerilenkit sijoitetaan ulkoseinän sisäkuoreen vaarnan kohdalle ja väliseinäelementin päähän.



- 1 MINERAALIVILLAKAISTA
- 2 ELASTINEN SÄÄNKESTÄVÄ KITTI JA SAUMANAUHA
- 3 VAIJERILENKKI
- 4 SAUMABETONI / JUOTOSBETONI
- 5 SAUMATERÄS
- 6 LENKKI

Kuvio 13. Vakiodetalji: Sandwich-elementtien ja väliseinäelementin liitos

Kuvion vaakaleikkauspiirustuksessa kantava (jäykistävä) väliseinäelementti liittyy kantavaan ulkoseinään kahden sandwich-elementin välisen sauman kohdalla. Ulkoseinäelementtien vaijerilenkit on sijoitettu sisäkuoren keskilinjalle. Väliseinäelementissä on käytetty harjateräksiä lenkeiksi taivutettuina, koska valmistajien isoimmitaan vaijerilenkit eivät ylettyisi väliseinäelementin päästä saumateräksen ympäri.

Harjaterästä taivutetaan taivutustelalla, jonka halkaisija määräytyy teräksen paksuudesta johtuvan taivutussäteen vähimmäisarvon perusteella. Paksu harjateräs vaatii suuremman taivutussäteen, jolloin myös lenkistä tulee leveämpi. Väliseinäelementin harjateräksestä taivutettujen lenkkien leveys vaikuttaa siis sisäkuoren ja väliseinäelementin vaarujen muotoihin ja mittoihin sekä edelleen ulkoseinän vaijerilenkkien pituuksiin.

Harjateräksestä taivutettu lenkki on jäykkä, eikä se jousta asennustilanteessa. Tämän vuoksi kannattaa pyrkiä käyttämään vaijerilenkkejä mahdollisuuksien mukaan. Tarvittaessa ulkoseinäelementtien vaijerilenkkien kokoa, sijaintia ja suuntaa sekä vaarnamuotoa voidaan muuttaa, jotta myös väliseinäelementin päähän asennettavat vaijerilenkit ylettyisivät saumassa olevan pystysaumateräksen ympärille.

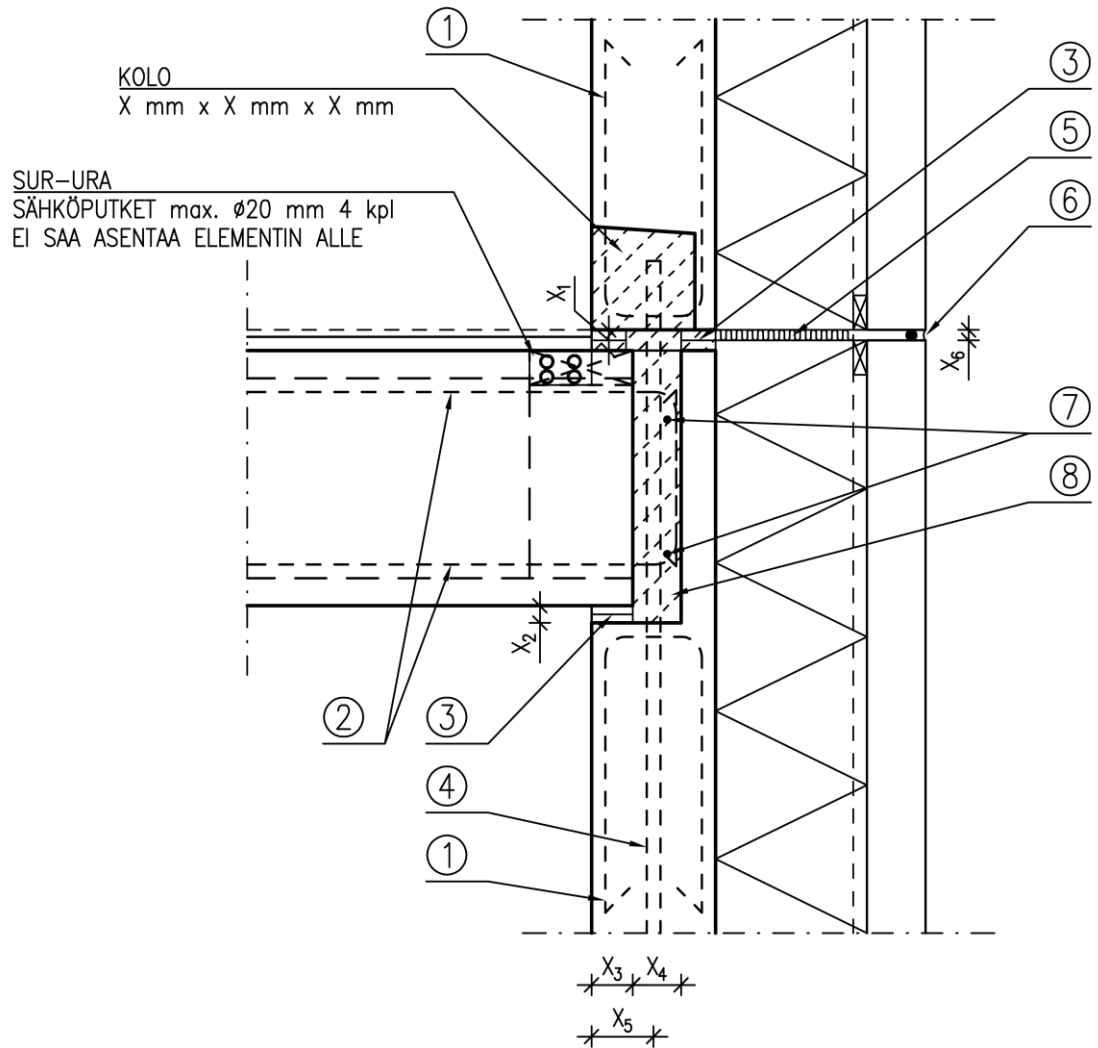
Väliseinäelementin pään vaarnamuodon on mahdollistettava leikkausvoimien siirtyminen. Lisäksi väliseinän toiselta puolelta on voitava suorittaa elementtien välinen saumaus pystysaumapumppauksella. Vastakkaisella puolella voidaan käyttää normaalia elementtien välistä saumaleveyttä.

Ulkokuoren ja eristetilan kohdalla liitos toteutetaan, kuten luvussa 5.7.2 on kerrottu.

Detaljiin merkitään saumojen mitat, vaijerilenkin tiedot, saumabetonin lujuusluokka, lenkin teräsmateriaali, halkaisija ja ulostulon pituus.

5.7.4 Sandwich-elementtien ja ontelolaattavälipohjan liitos

Ontelolaatalla voi olla liitos joko ulkoseinän kantavaan tai ei-kantavaan sisäkuoreen tai molempiin samanaikaisesti. Ontelolaatan pää liittyy ulkoseinän kantavaan sisäkuoreen. Laatan sivun liitos tapahtuu puolestaan ei-kantavan sisäkuoren kanssa.



- 1 T_x, KOLON/TAPIN MOLEMMIN PUOLIN
- 2 SAUMATERÄKSET
- 3 ASENNUSPALAT
- 4 TARTUNTA
- 5 MINERAALIVILLAKAISTA
- 6 ELASTINEN SÄÄNKESTÄVÄ KITTI JA SAUMANAUHA
- 7 RENGASTERÄKSET
- 8 SAUMABETONI / JUOTOSBETONI

Kuvio 14. Vakiodeltaji: Sandwich-elementtien ja ontelolaattaväli­pohjan liitos

Kuvio esittää pystyleikkauspiirustusta, jossa ontelolaatta tukeutuu ulkoseinän sandwich-elementin kantavaan sisäkuoreen. Ylemmän kerroksen seinäelementti lähtee ontelolaatan, alemman kerroksen seinäelementin ja niiden välisen sauman päältä.

Asennustilanteessa ontelolaatta lasketaan asennuspalojen varaan kantavan sisäkuoren päälle. Ontelolaattojen tukipintojen asennusaikaiset ja käytönaikaiset minimipituudet määräytyvät ontelolaataston suunnitteluohjeen perusteella. Jos käytetty ontelolaatta on paksuudeltaan 265, 320 tai 370 millimetriä, niin lopullinen eli käytönaikainen tukipinnan pituus on tällöin vähintään 60 millimetriä.

Ontelolaatan alapinnan ja sisäkuoren yläpinnan välinen pystysauma on myös määriteltä ontelolaataston suunnitteluohjeessa. Sauman suuruus on yleensä 20–30 millimetriä. Saumauksen yhteydessä koko raon on täytyttävä kauttaaltaan, jotta tukipintavaatimus täyttyy. Mitä suurempi rako on, sitä varmemmin saumabetoni tunkeutuu kaikkialle saumaan.

Ontelolaatan pään ja sisäkuoren ”valulipan” väliin on jätettävä vähintään 50 millimetriä leveä sauma, johon rengasterästen, taitettujen saumaterästen päiden sekä ulkoseinäelementtien tartuntaterästen on mahduttava. Sauman leveyteen vaikuttaa erityisesti valulipan paksuus, mutta lisäksi myös ontelolaatan tukipinta. Saumabetonin on täytettävä tiiviisti koko sauma, jotta sille muodostuu muun muassa hyvät kuoromankantokyky- ja ääneneristävyyssominaisuudet. Liitoksen ja siihen liittyvän vaakasauman on kyettävä siirtämään muun muassa vesikaton lumikuormat, yläpuolisten välipohjien hyötykuormat sekä edellä mainittujen rakenteiden, yläpohjan ja yläpuolisten ulkoseinäelementtien omapainot.

Tartuntateräksen sijainti määräytyy ontelolaatan tukipinnan pituuden sekä sisäkuoren paksuuden perusteella. Teräs nousee alemmasta sisäkuoresta ylemmän sisäkuoren koloon. Teräksen pituuteen vaikuttavat ankkurointipituus, ontelolaatan paksuus, sisäkuorielementin kolon koko sekä kaksi ontelolaatan ja sisäkuorielementtien päiden välissä olevaa vaakasaumaa. Tämä voidaan havaita kuviosta. Tartuntatapin ja kolon ympärille asennetaan lenkit tukiteräksiksi elementtitehtaalla.

SUR-uran tekeminen ja sähköputkien sijoittaminen tapahtuvat ontelolaataston suunnitteluohjeen mukaisesti.

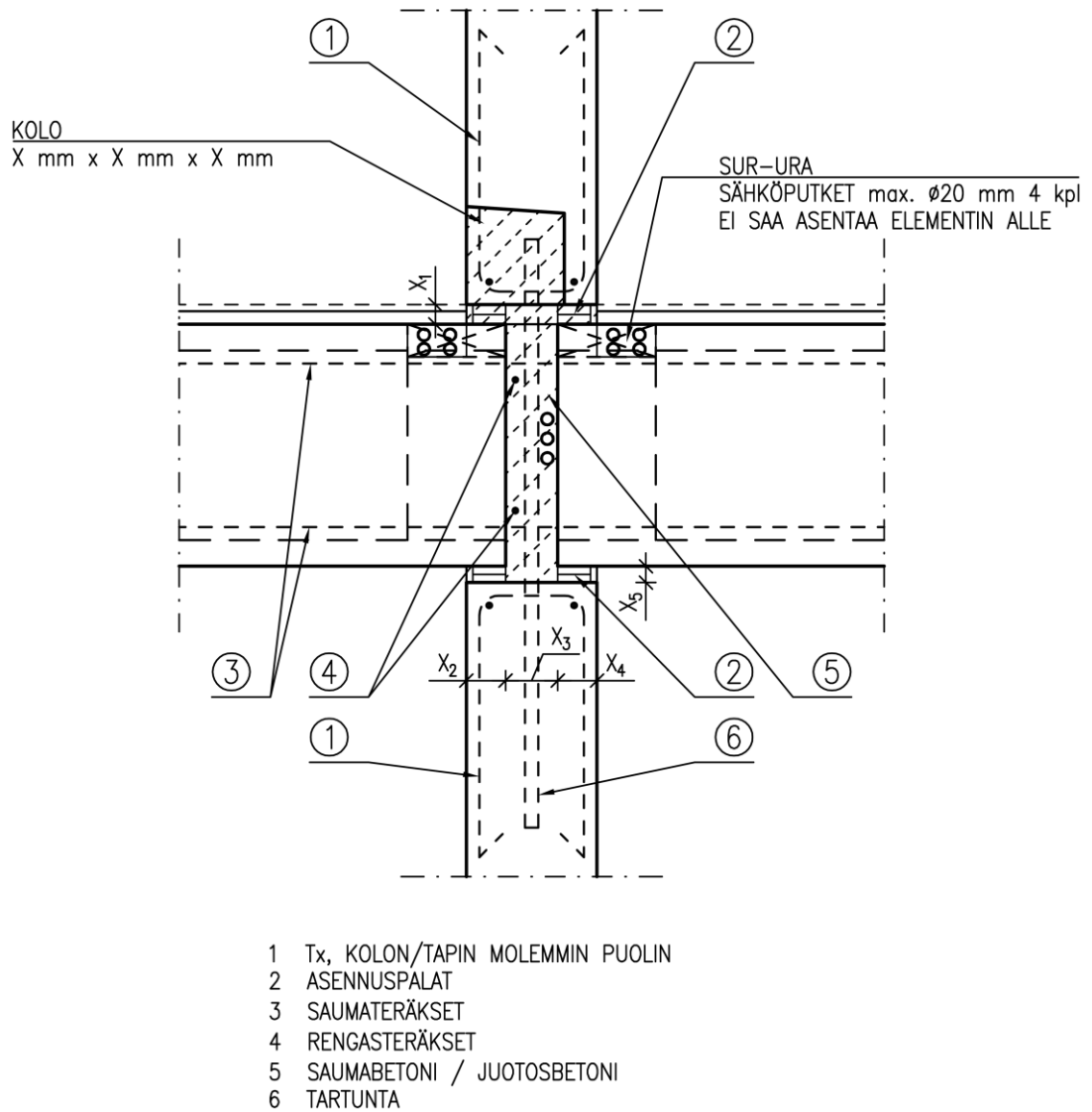
Ylempi sandwich-elementti asennetaan ontelolaatan, alemman sisäkuoren ja niiden välisen sauman päälle asennuspalojen varaan sekä tuetaan asennustuilla. Kahden

sandwich-elementin väliin jäänyt sauma valetaan umpeen sisäkuoren kohdalla, tilkitään mineraalivillakaistalla eristetilassa ja saumataan saumanauhalla ja -massalla ulkokuoren kohdalla.

5.7.5 Kantavan väliseinän ja ontelolaattavälipohjan liitos

Ontelolaatta voi liittyä kantavaan väliseinään joko kantavassa tai ei-kantavassa suunnassa. Väliseinällä voi olla liitos joko yhteen tai kahteen ontelolaattakenttään. Toisaalta väliseinällä voi olla liitos ontelolaattoihin asuinhuoneiston puolella ja kerrostasolaattoihin porrashuoneen puolella.

Betonirakenteisen asuinrakennuksen huoneistojen välissä on yleensä joko 180 tai 200 millimetriä paksut väliseinäelementit. Ääni- ja liitosteknisistä syistä 150 millimetrin väliseinäelementtejä ei käytetä. Välipohjan ontelolaatta on tyypiltään yleensä OL27, OL32 tai OL37, jolloin laattojen paksuudet ovat 265, 320 tai 370 millimetriä. Tällöin tukipinnan vähimmäispituus on 60 millimetriä.



Kuvio 15. Vakiodetalji: Väliseinäelementtien ja ontelolaattavälipohjan liitos

Tarkastellaan väliseinän liitosta ontelolaattavälipohjaan kantavassa suunnassa. Ontelolaatan ja alapuolisen väliseinän väliin pitää jättää 20–30 millimetriä korkea rako. Se saadaan aikaan väliseinän päälle laitettavilla asennus- eli korokepaloilla, joiden päälle ontelolaatta nostetaan. Saumauksessa käytetyn juotosbetonin tulee täyttää väliseinän ja ontelolaatan välinen rako kauttaaltaan, jotta laatta tukeutuisi alapuoliseen elementtiin sauman välityksellä vähintään tukipinnan suunnitteluarvon verran. (Ontelolaataston suunnitteluohje 2012, 47.)

Jos väliseinäelementit toimivat keskitukena kahdelle ontelolaattakentälle, niin 60 millimetrin tukipinnan pituudella väliseinän yläpään ja ontelolaattojen päiden väliin jää 200 millimetriä paksulla väliseinällä 80 millimetriä leveä sauma ja 180 millimetriä paksulla väliseinällä 60 millimetriä leveä sauma. Betoniteollisuus ry:n Ontelolaataston suunnitteluohjeen mukainen vähimmäisleveys ontelolaattojen päiden väliin jäävälle saumalle on 50 millimetriä. Saumaan on mahdollista väliseinän suuntaiset vaakateräksiset ja tartuntateräs, joka nousee alapuolisesta väliseinäelementistä ylemmän väliseinäelementin koloon. Ontelolaatan onteloihin asennetaan tulpat, jotka mahdollistavat onteloiden päiden täyttymisen saumabetonilla ala- ja yläpuolisten väliseinien leveydeltä. Lisäksi tulpat estävät betonin valumisen onteloiden sisälle. Sauma valetaan mieluiten betonilla, jonka lujuus vastaa väliseinäelementeissä käytetyn betonin lujuutta. Minimilujuus juotosbetonille on 80 % saumaan liittyvän alapuolisen väliseinäelementin betonin lujuudesta.

Ei-kantavassa suunnassa ontelolaatta pyritään sijoittamaan enintään 80 millimetrin päähän väliseinästä, jolloin syntynyt rako voidaan tukita muottilaudoituksella alhaalta päin. Seinän ja ontelolaatan väli täytetään saumavalujen yhteydessä.

5.7.6 Parvekelaatan ja parvekepilarin liitos

Parvekelaatan muotoilu, vedenpoistojärjestelmä ja parveke-elementtien välinen liitos riippuvat parvekelaatan ja -pilarin sijainnista toisiinsa nähden. Parvekepilari on yleensä yhden kerroksen korkuinen, jolloin parvekelaatta voidaan asentaa joko kokonaan tai osittain kahden päällekkäisen kerroksen pilarien väliin. Vaihtoehtoisesti laatta voidaan asentaa myös pilarien viereen, jolloin pilari voi olla useamman kerroksen korkuinen. Tällöin laatta kannatellaan pilarista esimerkiksi betonisilla ulokkeilla tai piilokonsoleilla. (Betonielementtiparvekkeet 2010, 9, 16.)

Suunnittelussa on syytä huomioida työturvallisuus, jolloin asennustilanteessa pilarin alapään siirtyminen on estettävä rakenteellisilla ratkaisulla ja yläpään liikkuminen asennustuilla.

Seuraavassa kuviossa on esitetty parvekelaatan ja -pilarien liitos tilanteessa, jossa laatta on asennettu kokonaisuudessaan kahden kerroksen pilarien väliin.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

6.1 Työn suorittaminen

Työn vaiheet

Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston laatiminen aloitettiin tehtävänantoon ja toimeksiantajan projektitiedostojärjestelmään tutustumalla sekä soveltuvia liitosdetaljeja sisältävien rakennuskohteiden valinnalla kesäkuun 2015 aikana. Detaljien kokoaminen ja lajittelu aloitettiin heinäkuussa. Tällöin tärkeimmät liitosdetaljipiirustukset työstettiin mahdollisimman pitkälle. Esimerkko-kohteiden liitosdetaljit ja tähän vaiheeseen mennessä valmistuneet piirustukset koostettiin ensimmäisen vaiheen detaljipaketiksi, josta poistettiin kaikki samaa liitosta kuvaavat detaljit. Elokuussa ohjausryhmään kuuluneilta suunnittelijoilta pyydettiin palautetta piirustuksista.

Vastausten perusteella detaljipaketin sisältöä muutettiin syyskuussa lisäämällä puuttuvia, vaihtamalla sopimattomia tai poistamalla tarpeettomia detaljeja. Paketti koostettiin uudestaan ja lähetettiin ohjausryhmän arvioitavaksi. Joulukuussa piirustusten tyyli yhdenmukaistettiin, minkä jälkeen detaljit olivat valmiit. Vakioliitosdetaljikirjasto hyväksyttiin tammikuussa 2016.

Opinnäytetyön vakioliitosdetaljikirjaston laatimisen vaiheet olivat selkeät. Alussa esimerkkikohteiden detaljit kerättiin vakioliitosdetaljikirjaston pohjamateriaaliksi. Seuraavaksi detaljeja tarkasteltiin, ja sopivat piirustukset valittiin vakioliitosdetaljikirjastoon. Seuraavaksi valittujen piirustusten ulkoasu yhdenmukaistettiin ja saatettiin toimeksiantajan detaljityylin mukaiseksi. Lopuksi piirustusten teksti- ja numerotiedot vakioitiin ja yhdenmukaistettiin. Sama prosessi toistettiin jokaisen piirustuksen kohdalla. Suurin osa detaljeista käsiteltiin samanaikaisesti, mutta myöhemmin valittuja piirustuksia käsiteltiin jälkikäteen yksittäin.

Työn etenemisen seuranta

Vakioliitosdetaljikirjaston laatimiseen liittyviä palavereja järjestettiin toimeksiantajan kanssa useasti. Palavereja pidettiin työn alussa, työn eri vaiheiden välissä (sekä niiden

aikana) ja työn lopussa. Toimeksiantajaa edusti opinnäytetyön valvojaksi nimetty henkilö, jonka toimipaikka oli Helsingissä.

Palaverit järjestettiin tietotekniikkaa apuna käyttämällä, jolloin puhelut soitettiin Internet-yhteyden välityksellä. Viestinnässä käytetyllä tietokoneohjelmistolla onnistui myös tietokoneen näytön jakaminen, jolloin vakioliitosdetaljikirjasto ja sen tiettyä piirustusta voitiin tarkastella samaan aikaan Jyväskylässä ja Helsingissä.

Ensimmäisessä pohjustavassa opinnäytetyöpalaverissa keskusteltiin työn alustavasta sisällöstä ja rajouksista sekä kuvattiin prosessia, jolla työ saataisiin suoritetuksi. Jatkossa palaverissa hyväksyttiin vakioliitosdetaljeihin liittyviä tehtäviä tehdyiksi sekä sovittiin työn seuraavista vaiheista ja yksityiskohtaisemmista tehtävistä. Näitä olivat muun muassa yksittäisten piirustusten sisällyttäminen kokoelmaan tai sieltä poistaminen sekä yksittäiseen tai useampaan piirustukseen tehtävät lisäykset, muutokset ja poistot.

Opinnäytetyön etenemisen seurannassa käytettiin myös viikkoraportointia. Viikon päätteeksi toimeksiantajaa tiedotettiin viikon aikana tehdyistä tehtävistä, seuraavan viikon tehtävistä, suunnitelmasta seuraavan viikon tehtävien toteuttamiseksi sekä puuttuvista lähtötiedoista ja mahdollisista ongelmista, jotka saattaisivat haitata työskentelyä alkavalla viikolla.

Viikkoraportoinnin eräänä pakollisena tehtävänä olisi voinut olla myös tuntikirjanpidon tekeminen. Opinnäytetyöstä luvattiin korvaus, jonka oli tarkoitus kattaa 400 työtunnin kustannukset. Alkuperäisenä ajatuksena oli, että vakioliitosdetaljikirjasto olisi valmis, kun tarvittavien piirustusten määrä on riittävä. Tuntikirjanpito olisi varmistanut työtuntien täyttymisen piirustuskokoelmaa laajentamalla, jos vakioliitosdetaljikirjaston laatiminen olisi osoittautunut arvioitua nopeammin toteutettavaksi. Nyt henkilökohtaisena ennako-oletuksena oli se, että piirustuskokoelman laatimiseen kuluu vähintäänkin suunniteltu tuntimäärä. Tämän vuoksi tuntikirjanpidon tekeminen jäi liian vähälle huomiolle, ja omaehtoisena tehtävänä sen ylläpito loppui ikään kuin huomaamatta jo melko aikaisessa vaiheessa.

Palavereja järjestettiin riittävän usein, ja ne kestivät kerrallaan puolesta tunnista reiluun tuntiin. Palaverissa ehdittiin keskustella tehdyistä ja tulevista tehtävistä sekä

työhön liittyvistä epäselvistä asioista ja ongelmista. Viikkoraportointi osoittautui hyväksi itsearviointimenetelmäksi, jolla oman työn etenemisen seuranta onnistui helposti. Käyttämällä edellisen viikon raporttia kuluneen viikon raportin pohjana huomasi helposti, jos jokin tehtävä oli jäänyt usean edellisen viikon aikana tekemättä. Sama tehtävä saattoi nimittäin esiintyä useassa peräkkäisessä raportissa seuraavan viikon tehtävänä. Usein tähän oli tosin jokin syy, ja rästiin jääneet tehtävät olivatkin yleensä prioriteetiltaan vähemmän kiireellisiä.

Raportin kirjoittaminen

Raporttia kirjoitettiin osittain samanaikaisesti piirustuskokoelman laatimisen kanssa. Lähdeaineistoa ryhdyttiin kokoamaan kesäkuussa pian vakioliitosdetaljikirjaston aloittamisen jälkeen. Raportin laatiminen aloitettiin kesä-heinäkuussa tietoperustan kirjoittamisella. Kirjoitustyössä oli puolentoista kuukauden pituinen tauko heinä-elokuussa. Tietoperustan kirjoittamista jatkettiin satunnaisesti syys-marraskuussa, ja sitä seurasi toinen puolentoista kuukauden tauko marras-joulukuussa. Vakioliitosdetaljikirjasto valmistui tammikuun alussa, joten vapautunut aika voitiin käyttää raportin kirjoittamiseen ja viimeistelyyn. Kirjoitustyötä jatkettiin johdannon, työn vaiheiden kuvauksen, työn lopputuloksen esittelyn ja pohdinnan kirjoittamisella tammi- ja helmikuussa.

Liitosdetaljipiirustusten työstäminen ja raportin kirjoittaminen samanaikaisesti osoittautui haastavaksi tehtäväksi. Raportin kirjoittaminen onnistui kesä- ja heinäkuussa kohtuullisen hyvin, koska detaljien valintaa ja piirtämistä hidastutti alkanut kesälomakausi. Syyskuussa koulujen loma-aika käytettiin tehokkaasti kirjoitustyöhön. Loka- ja marraskuussa opinnäytetyön raporttia tehtiin satunnaisina päivinä muutamia tunteja kerrallaan, mikä vaikeutti kirjoitustyöhön keskittymistä. Aikataulujen yhteensovittamispulmien vuoksi aikaa raportin kirjoittamiselle olisi ollut, mutta tähän ei osattu aina reagoida. Ylimääräinen aika käytettiin melko usein vakioliitosdetaljikirjastoon liittyvien toissijaisten tehtävien tekemiseen kuten laadittujen piirustusten tarkistamiseen, valinnaisten detaljien tekemiseen sekä niitä varten tarvittavan pohjamateriaalin hankkimiseen.

Tiedonhallinta

Alussa suuren tietomäärän hallinta tuotti vaikeuksia, ja pelkästään tehtävänantoon, toimeksiantajan projektitiedostoihin ja detaljeihin tutustumiseen kului aikaa pari viikkoa. Vakioliitosdetaljikirjaston pohjana käytettävien rakennusprojektien detaljeja oli noin 100 kappaletta sekä halli- ja toimistorakennusten detaljeja vajaat 200 kappaletta. Lisäksi tutkittiin Elementtisuunnittelun ja Parman detaljeja, joita oli muutamia satoja piirustuksia.

Ensimmäisen detaljinipun kokoamiseen meni aikaa useita päiviä. Esimerkkikohteiden detaljit kopioitiin samaan AutoCAD-piirustukseen, jossa soveltuvat detaljit lajiteltiin keskinäistä vertailua varten. Seuraavaksi jokaista piirustusta varten luotiin sopivat tulostusasetukset, jotta ne saatiin tulostettua yksittäisinä piirustuksina. Detaljit yhdistettiin yhdeksi pdf-tiedostoksi, johon lisättiin vielä sellaiset olemassa olevat halli- ja toimistorakennusten vakioliitosdetaljikirjastojen piirustukset, jotka mahdollisesti soveltuisivat käytettäväksi myös asuinrakennusten suunnittelussa.

Jatkossa tulosteiden tekeminen helpottui, kun tulostusasetukset ja -menetelmät olivat muokkautuneet tarkoituksiinsa sopiviksi. Lisäksi detaljien hallinta tehostui, kun vakioliitosdetaljikirjasto alkoi hahmottua ja edetä kohti lopullista muotoaan.

Aikataulu

Toimeksiantajan kanssa pidetyssä aloituspalaverissa sovittiin, että työhön käytettäisiin noin 400 tuntia viiden kuukauden aikana työn aloittamisesta. Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin kesäkuussa 2015. Kesälomakausi, ja erityisesti heinäkuu, hidasti ja vaikeutti työn aloittamista.

Työn laatiminen oli kuitenkin aloitettava heinäkuussa kesälomista huolimatta. Tiettyjen yleisimpien detaljien arveltiin olevan riittävän tärkeitä, jotta ne tulisivat todennäköisesti valituiksi vakioliitosdetaljikirjastoon. Heinäkuussa piirrettiin noin 40 detaljia, joista onneksi vain kuusi piirustusta hylättiin. Nämä olivat eristerapattujen julkisivujen liitospiirustuksia, jotka kuitenkin otettiin Jyväskylän toimipisteen sisäiseen käyttöön.

Vaikka edellä esiteltyt työn vaiheet osoittautuivat selkeiksi, niistä olisi ollut hyvä keskustella vieläkin tarkemmin projektin alussa. Tällöin mahdollisiin keskeytyksiin olisi

voitu varautua paremmin. Esimerkiksi palautetta pyydettiin ohjausryhmän suunnittelijoilta kaksi kertaa, ja vastauksia odotettiin molemmilla kerroilla viikon ajan. Lisäksi palaverien sopiminen työn valvojan kanssa tapahtui vasta sovittujen tehtävien valmistumisen jälkeen. Seuraava palaveri saatiin usein sovittua vasta viikon tai kahden päähän aikataulutuksellisten seikkojen vuoksi.

Aikatauluun liittyvät pulmat olisi voitu ratkaista sopimalla kussakin palaverissa seuraavan palaverin ajankohta, tai sopimalla palaveri määrääjain esimerkiksi kahden viikon välein toistuvaksi tapahtumaksi. Tällöin joko kaikkien työtehtävien, tai ainakin osan niistä, olisi pitänyt olla valmiit seuraavaan palaveriin mennessä. Toinen ratkaisu olisi voinut olla sellainen, että sovittujen tehtävien valmistumisesta seuraisi aina ilmoitus työn valvojalle ja lisäksi automaattisesti vähintään viikon tauko raportin kirjoittamista varten. Vastauksessaan työn valvoja ilmoittaisi ajankohdan seuraavalle palaverille, joka järjestettäisiin siis aikaisintaan viikon kuluttua. Valitettavasti edellä kuvaillut ideat kehittyivät vasta vakioliitosdetaljikirjaston valmistumisen aikoihin.

6.2 Työn tavoitteiden toteutuminen

Vakiodelaljikirjasto

Opinnäytetyön lopputuloksena valmistunut betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjasto sisältää kansilehden, sisällysluettelon ja 121 piirustusta. Tähän työhön otettiin 29 valmista liitosdetaljia toimeksiantajan olemassa olevista betonielementtirakenteisten halli- ja toimistorakennusten vakioliitosdetaljikirjastoista. Alusta asti uudestaan piirrettiin 92 detaljia, joista 90 alkuperäisten piirustusten pohjalta. Ainoastaan kaksi detaljia piirrettiin ilman valmiita esimerkkipiirustuksia, mutta nekin tehtiin yhdistelemällä useamman detaljin rakenneratkaisuja. Liitosdetaljien lukumäärä vastaa alkuperäistä tavoitetta, joka oli noin 100 piirustusta. Vakioliitosdetaljikirjasto julkaistiin pdf- ja dwg-tiedostomuodoissa toimeksiantajan intranetissä.

Toimeksiantaja esitti, että lopputulokseen pyritäisiin mahdollisimman paljon käytävissä olevia liitosdetaljeja hyödyntämällä. Useista eri rakennuskohteista valitut lii-

tosdetaljit poikkesivat toisistaan ulkoasun sekä rakenneosien, liitosten ja muiden yksityiskohtien osalta. Tämä lähtökohta vaikeutti työn suorittamista. Pelkästään piirustusten tyyliä muokkaamalla vakioliitosdetaljikirjastosta olisi tullut hyvin epämääräinen piirustuskokoelma.

Liitosdetaljit piirrettiin alusta asti uudestaan, ja joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta niissä pyrittiin käyttämään samoja rakenneratkaisuja ja -mittoja. Tällä tavalla liitosta saatiin rakenteiden ja liitosten osalta samankaltaisia. Lisäksi piirustusten ulkoasu yhtenäistettiin olemassa olevien vakioliitosdetaljikirjastojen mukaisiksi. Työn tavoitteet täyttyivät liitosten mittojen vakioinnin ja piirustusten yhdenmukaistetun ulkoasun osalta. Vakioliitosdetaljikirjastosta tuli ehyt ja tyylikäs kokonaisuus.

Betonielementtirakenteisissa asuinrakennuksissa on pääosin betonielementtien välistä liitoksia, mutta niissä voi olla myös elementtien liitoksia paikallavalettuihin ja muihin rakenteisiin. Vakioliitosdetaljikirjastoon valikoitiin yleisimmät betonielementtirakenteisessa asuinrakennuksessa käytetyt liitospirustukset, jotka esittävät enimmäkseen elementtien keskinäisiä liitoksia ja muutamia elementtien liittymiä paikallavalettuihin välipohjiin ja väestönsuojan seiniin sekä muihin rakenneosiin. Merkittävin osa vakioliitosdetaljikirjaston piirustuksista kuvaa ulkoseinäelementtien, tässä tapauksessa sandwich- ja sisäkuorielementtien, sekä kantavien väliseinäelementtien liitoksia. Edellä mainitut seinäelementit liittyvät usein välipohjaan, joten myös ontelolaattaliitoksia on huomattava määrä. Vakioliitosdetaljikirjasto ei ole sisällöltään täydellinen, mutta se sisältää kuitenkin yleisimmät liitokset.

Detaljien valinnassa koetettiin huomioida liitosten normienmukaisuus, elementtien valmistustyön vaivattomuus ja kustannukset, elementtien asennusjärjestys sekä asennustyön turvallisuus ja sujuvuus. Tältä osin vakioliitosdetaljikirjastoon ei voitu valita ainoastaan kaikki edellä mainitut ominaisuudet omaavat piirustukset, koska useassa detaljissa liitos ei täytä, eikä voi täyttää, näitä kaikkia ominaisuuksia. Kaikkien liitosten piti kuitenkin olla normien mukaisia. Valmistus- ja asennustöiden suoritus sekä taloudellisuus huomioitiin, jos valinta voitiin tehdä kahden tai useamman detaljin väliltä.

Opinnäytetyöraportti

Opinnäytetyössä käsiteltiin yleisesti betonitekniikkaa ja betonirakenteisia asuinrakennuksia sekä tarkasteltiin rakentamiseen liittyviä lakeja, määräyksiä, standardeja ja ohjeita. Raportissa kuvattiin myös betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljien laadintaprosessi.

Vakioliitosdetaljikirjaston piirustukset eivät ole julkisia, joten kaikkia sen piirustuksia ei voida laittaa tämän opinnäytetyön julkiseksi liitteeksi, eikä niitä voida tarkastella tämän opinnäytetyön osana. Sen sijaan raportissa esitettiin ja tarkasteltiin joitakin lopputuloksena syntyneitä vakiodetaljeita. Opinnäytetyön voidaan siis katsoa täyttäneen tavoitteensa myös raportoinnin osalta.

Henkilökohtainen kehittyminen

Opinnäytetyön tekemisen aikana tutustuttiin useisiin satoihin liitosdetaljeihin, ja asiaan liittyviä keskusteluja käytiin noin 15 rakennustekniikan ammattilaisen kanssa. Lisäksi aiheeseen perehdyttiin tutkimalla rakentamiseen ja betonitekniikkaan liittyviä lakeja, määräyksiä, standardeja, ohjeita ja muuta kirjallisuutta.

Asunto- ja betonirakentamiseen liittyvä tekninen tietämykseni lisääntyi merkittävästi. Ammattilaisten kanssa keskustellessani minulle selventyi monet elementtisuunnitteluun liittyvät asiat ja liitosten kustannustehokkuutta, valmistusta ja asennusturvallisuutta koskevat yksityiskohdat, joita ei voi pelkästään kirjallisuutta lukemalla oppia. Raporttia kirjoittaessani selvitin itselleni maankäyttö- ja rakennuslain, Suomen rakentamismääräyskokoelman, eurokoodistandardien sekä muiden ohjeiden asettamat velvoitteet sekä niiden väliset yhteydet.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osat C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa (1998), C2 Kosteus (1998) ja E1 Rakenteellinen paloturvallisuus (2011) olivat minulle jo entuudestaan tuttuja, mutta opinnäytetyön tekemisen yhteydessä luin ne uudestaan pariinkin kertaan. Standardeista ja ohjeista opiskelin vain opinnäytetyön tekemisen kannalta oleelliset asiat, kuten esimerkiksi betonielementteihin ja liitoksiin liittyvät aihekokonaisuudet.

AutoCAD-suunnitteluohjelmaa käyttäessäni jouduin opettelemaan ohjelman monia minulle entuudestaan tuntemattomia toimintoja, joita hyödynsin vakioliitosdetaljeja

laatiessani. Lisäksi opettelin tekemään AutoCADiin omia työkalupalkkeja ja -painikkeita, joiden toiminnoiksi asetin komentosarjoja helpottamaan usein toistuvia tehtäviä.

Ammatilliseen kehittymiseen liittyvien tavoitteitteni voidaan sanoa täyttyneen asunto- ja betonirakentamiseen liittyvän tietämyksen lisääntymisen, AutoCAD-ohjelman syventymisen, raportoinnin opetteluun ja työelämävalmiuksien kehittymisen vuoksi.

6.3 Jatkokehitysehdotukset

Vakioliitosdetaljikirjaston suurin puute on ylä- ja alapohjarakenteiden liitospirustusten vähäisyys. Tällaisia detaljeja voidaan laatia muun muassa ylä- ja alapohjarakenteiden liitoksista kantaviin ja ei-kantaviin ulko- ja väliseiniin. Edellä mainittujen liitosten rajaaminen tämän työn ulkopuolelle mahdollistaa niiden sekä vesikatto- ja perustusleikkausten laatimisen ja tarkastelun jonkin toisen projektin tai opinnäytetyön yhteydessä.

Työn laajuuden rajaaminen hyvissä ajoin oli järkevä ratkaisu. Tällä tavalla betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakioliitosdetaljikirjaston sisältö saatiin mahdollisimman monipuoliseksi valittujen rakenteiden osalta. Toisaalta työn rajaaminen mahdollistaa myös tulevien projektien ja opinnäytetöiden aiheiden kohdistamisen esimerkiksi perustus- tai vesikattoleikkauksiin.

Swecon pyrkimys yhdenmukaistaa ja kehittää rakennesuunnittelun prosesseja ja ohjeistuksia sekä mallisuunnitelmia ja -piirustuksia vaikuttaa järkevältä ratkaisulta. Swecolla on omat yleiset ohjeet rakennepiirustusten laadintaa varten, mutta tarpeen olisivat myös yksityiskohtaiset ohjeet detaljien (ja muiden rakennepiirustusten) piirtämistä varten. Kirjallisessa dokumentissa voitaisiin ottaa kantaa konsernin detaljityyliin ja ohjeistaa muun muassa rakenneratkaisujen, piirtotyylin, viivatyypin ja -paksuuksien sekä kirjasintyyppien ja -kokojen käyttämisestä sekä tekstinä esitettävistä asioista. Ohjeista olisi ollut hyötyä opinnäytetyön tekemisen aikana, kun halli- ja toimistodetaljien tyyliä yritettiin toteuttaa tämän opinnäytetyön asuinrakennusten va-

kioliitosdetaljeissa. Tyylin määrittäminen yksittäisten piirustusten mukaan oli vaikeaa, mutta esimerkiksi useamman väliseinäliitosdetaljin tarkastelun perusteella piirustukset saatiin tehtyä.

Olemassa olevia vakioliitosdetaljikirjastoja kannattaa ja pitää kehittää jatkossakin. Tässä tapauksessa kehittymistä voi tapahtua ainoastaan detaljeja käyttämällä, ongelmia havaitsemalla, palautetta antamalla ja piirustuksia parantamalla. Toimeksiantajan intranettiin olisi syytä luoda sivusto, josta yksittäinen vakioliitosdetalji voitaisiin avata tarkasteltavaksi. Lisäksi sivulla voisi olla mahdollisuus jättää detaljiin liittyvää palautetta ja lukea konsernin muiden suunnittelijoiden kommentteja. Tarvittaisiin myös vastuuhenkilö, joka huolehtisi palautteen arvioinnista ja detaljien parannustoimenpiteistä.

Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöissä on käsitelty kattavasti betonielementtirakenteisia rakennuksia, rakenteita ja liitoksia sekä niiden suunnittelua, mitoittamista ja piirtämistä. Edellä mainittuja aiheita käsittelevien tulevien opinnäytetöiden raporttien kirjoittaminen voi osoittautua hankalaksi tehtäväksi, jos niiden ei haluta muistuttavan liiaksi aiempia tuotoksia.

Tulevien aihealueeseen liittyvien opinnäytetöiden tietoperustassa voisi mahdollisesti käsitellä liitosten mekaanista toimintaa, käyttöikää ja huoltoa sekä liitoksiin liittyvän kehitystyön tilannetta. Teoriaa voitaisiin kirjoittaa myös niiden rakentamismääräyskokoelman osien, standardien ja RT-korttien perusteella, jotka eivät tässä työssä tulleet käsitellyiksi. Myös ulkomaisia kirjoja ja lehtiä olisi syytä tarkastella.

Tulevissa vakioliitosdetaljeihin liittyvissä opinnäytetöissä voitaisiin tutkia tarkemmin myös vakioliitosdetaljoinnin hyötyjä ja haittoja. Vakioliitoksilla on varmasti jonkinlaisia taloudellisia ja imagollisia vaikutuksia suunnittelutoimistoille, urakoitsijoille ja elementtitehtaille, joten aihe olisi sopiva tutkimustyön tekemiselle. Lisäksi voitaisiin tutkia, hidastaako vai nopeuttaako vakioliitosten käyttäminen uusien ja parempien liitostyyppien käyttöönottoa.

Lähteet

A 12.3.2015/214. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määräytymisestä. Valtion säädöstietopankki Finlex, Säädökset alkuperäisinä. Viitattu 11.2.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>.

A 16.2.2016/125. Ympäristöministeriön asetus hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksista. Valtion säädöstietopankki Finlex, Säädökset alkuperäisinä. Viitattu 5.3.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160125>.

Asuinrakennusten äänitekniikan täydentävä suunnitteluohje. 2009. Rakennusteollisuus RT. Viitattu 7.3.2016. http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/21797/Suunnitteluohje_final_osa1.pdf.

Betonielementtien saumavalut. 2002. Julk. Betonikeskus. Helsinki: Suomen Betonitieto.

Betonielementtiparvekkeet. 2010. Julkaistu 8/2010. Betoniteollisuus. Viitattu 7.3.2016. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23624/Betonielementtiparvekkeet.pdf>.

Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet. 2007. Julk. Betonikeskus. Helsinki: Betonitieto.

BY 201. 2009. Betonitekniikan oppikirja 2004. 5. uud. p. Julk. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: Suomen Betonitieto.

BY 211. 2013. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja: Osa 1. Julk. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: BY-koulutus.

C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 11.2.2016. <http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>.

C2 Kosteus. 1998. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 11.2.2016. <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>.

CE-merkintä. 2016. Ympäristöministeriön verkkopalvelu. Viitattu 28.2.2016. http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta.

E1 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Viitattu 11.2.2016. http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf.

Eurokoodit. n.d. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 11.2.2016. <http://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit>.

G1 Asuntosuunnittelu. 2005. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 29.2.2016. <http://www.finlex.fi/data/normit/28204-G1su2005.pdf>.

Kiinnityslevyt. 2013. Käyttöohje. Versio 8/2013. Anstar. Viitattu 7.3.2016. http://www.anstar.fi/wp-content/uploads/2013/02/Kiinnityslevyohje_2013.pdf

Smith, R. & Hawkins, B. 2004. Lean Maintenance. Burlington: Butterworth-Heinemann. E-kirja. <https://janet.finna.fi/>, Ebrary, Lean Maintenance.

MRL 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Viim. muutos tullut voimaan 1.2.2016. Valtion säädöstietopankki Finlex, Ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 17.2.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Ontelolaataston suunnitteluohje. 2012. Betoniteollisuus. Julkaistu 21.5.2012. Viitattu 7.3.2016. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23859/Ontelolaatasto-jen%20suunnitteluohje.pdf>.

Palsila, K. n.d. As Oy Helsingin Flooranaukio ja Kumpulan Kiinteistöt Oy Lontoonkuja. Elementtisuunnittelu.fi-palvelun referenssit. Viitattu 7.3.2016. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/referenssit/asuinrivi-ja-kerrostalot/37/as-oy-helsingin-flooranaukio-kumpulan-kiinteistot-oy-lontoonkuja-5>.

RAK. n.d. ArkSystems Oy:n Internet-sivut, RAK-suunnittelujärjestelmän tuotesivu. Viitattu 20.2.2016. <http://www.arksystems.fi/tuotteet-rak.htm>.

RIL 107-2012. 2013. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 3. p. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

RIL 202-2011/BY 61. Betonirakenteiden suunnitteluohje: Eurokoodit EN 1992-1-1 ja EN 1992-1-2. 2011. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ja Suomen Betoniyhdistys.

RIL 229-1-2013. Rakennesuunnittelun asiakirjaohje. Tekstiosa. 2013. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Ohjetiedosto. Julkaistu 4/2004. Rakennustieto. <https://janet.finna.fi/>, RT verkkopalvelu ja RYL-käsikirjat (Online).

SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC. 2015. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2. p. Vahvistettu 19.1.2015. Julkaistu 5.6.2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 29.2.2016. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 1992-1-2 + AC. 2005. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. Vahvistettu 30.5.2005. Julkaistu 28.10.2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 11.2.2016. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 206. 2014. Betoni: määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus. Vahvistettu 11.8.2014. Julkaistu 2.1.2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 28.2.2016. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Sjöstedt, I. 2016. Kuvia Peikko Group Oy:n tuotteista. Sähköpostiviesti 4.3.2016. Vastaanottaja T. Sipiläinen. Linkki 11 kuvaa Peikon tuotteista sisältävälle Internet-sivulle.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016. Ympäristöministeriön verkkopalvelu. Viitattu 28.2.2016. http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.

Sweco Rakennetekniikka on entistä vahvempi. 2015. Uutinen Swecon Internet-sivuilla. Julkaistu 28.1.2015. Viitattu 12.3.2016. <http://www.sweco.fi/fi/Finland/Uutisia/2015/Sweco-Rakennetekniikka-on-entista-vahvempi/>.

Sweco Suomessa. n.d. Swecon Internet-sivut. Viitattu 12.3.2016. <http://www.sweco.fi/fi/Finland/Sweco-Suomessa/>.

Vaijerilenkit. 2012. Vaijerilenkkien suunnitteluohje. Julkaistu 28.3.2012. Betoniteollisuus. Viitattu 7.3.2016. [http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23853/Vaijerilenkkiohje%20\(1\).pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23853/Vaijerilenkkiohje%20(1).pdf).

Welda-kiinnityslevyt. 2015. Tekninen käyttöohje. Versio FI 09/2015. Peikko Group Oy. Viitattu 7.3.2016. <http://www.peikko.fi/product-fi/p=WELDA-kiinnityslevy>, Tekninen käyttöohje: WELDA.

Liitteet

- Liite 1. Betonielementtirakenteisen asuinrakennuksen vakiodetaljit
124 sivua, ei-julkinen